बंधाऱ्याचे स्थापत्यशास्त्र

ख्रिस्तवासी – वुइल्यम पी. क्रीपर, ख्रिस्तवासी – जोअेल जी. जस्टीन
आणि जूलियन हाइड्स

खंड पहिला : सामान्य संकल्पचित्र

अनुवाद-
विनायक हरी केळकर



महाराष्ट्र राज्य साहित्य आणि संस्कृती मंडळ, मुंबई.

बंधाऱ्याचे स्थापत्यशास्त्र

ख्रिस्तवासी- वुइल्यम पी. क्रीपर
ख्रिस्तवासी- जोअेल जी. जस्टिन

आणि

जूलियन् हाइड्स

खंड पहिला : सामान्य संकल्पचित्र

अनुवाद—
विनायक हरी केळकर



महाराष्ट्र राज्य साहित्य आणि संस्कृती मंडळ, मुंबई.

प्रथमावृत्ती – फेब्रुवारी १९८८



प्रकाशक –

सचिव,

महाराष्ट्र राज्य साहित्य

आणि संस्कृती मंडळ,

नवीन प्रशासन भवन,

मुंबई ४०० ०३२.





मुद्रक –

श्री. प. म. महाबळ

प्रॉम्प्ट सर्व्हिस

६५६, गणपती पेठ,

सांगली – ४१६ ४१६.



किंमत रु. Rs 75 = 00

निवेदन

"बंधाऱ्याचे स्थापत्यशास्त्र" हे श्री. वि. ह. केळकर यांचे पुस्तक प्रसिद्ध करण्यास मंडळास आनंद होत आहे.

४२, यशोधन,
मुंबई-४०० ०२०,
दि. १ डिसेंबर, १९८६

सुरेंद्र बारलिंगे
अध्यक्ष,
महाराष्ट्र राज्य साहित्य आणि संस्कृती मंडळ

अनुक्रमणिका

खंड पहिला

प्रकरण १

धरणाच्या जागांचे अन्वेशन

प्रकरण २

धरणांच्या प्रकारांची निवड

प्रकरण ३

पायाची पूर्व तयारी व त्यांचे संरक्षण

अनुच्छेद लेख क्र. ३ मातीतील पायावरील उपचार

अनुच्छेद लेख क्र. ४ सांडव्याखालील अपक्षरणाचे नियंत्रण

प्रकरण ४ थे

द्रवीय प्रतिमान चित्राचा अभ्यास

प्रकरण ५ वे

पुरांचे प्रवाह

१– पुरांचे उच्चांक

२– पुरांचे जलालेख

अ– मूलभूत द्रवचलित विश्लेषण

ब– पर्जन्याचे विश्लेषण

क– अन्त:सरण

ड– अपवाहाचे (रेजिमेन) क्षेत्र

इ– एकांकी जलालेख

प्रकरण ६

सांडवे (उत्पलव मार्ग)

खंड २ रा

प्रकरण ७

खंड ३ रा

प्रकरण १ ले

धरणांच्या जागांचे अन्वेषण

१. सामान्य चर्चा

एकाद्या धरणाचे संकल्पचित्र व त्यानुसार प्रत्यक्ष बांधकाम सुरू करण्यापूर्वी एकादी अत्यंत सोयीची व सर्वात कमी खर्चाची जागा निश्चित करावी लागते. त्यासाठी तेथील परिपूर्ण अन्वेषण करणे आवश्यक असते. अशा अन्वेषणात तेथील प्रदेशवर्णन (Topography) व उपपृष्ठ अन्वेषणाचाही अन्तर्भाव होतो. पायांत मिळणाऱ्या द्रव्यांची (माती, मुरुम, खडक वगैरेंची) योग्यप्रकारे चांचणी करावी लागते आणि ज्या द्रव्यांचा (माती, डबर वगैरेंचा) उपयोग धरणात करावयाचा आहे त्यांच्या उपयुक्ततेचीही तपासणी करणे आवश्यक असते. पायांतील द्रव्यांचे व ज्या द्रव्यांचे धरण बांधावयाचे असते त्यांची काळजीपूर्वक चांचणी करून काढलेल्या निष्कर्षांचा सखोल अभ्यास करावा लागतो; व त्यांचे महत्व काय आहे याची खात्री करून घ्यावी लागते. यासंबंधी अधिक चर्चा १० व्या प्रकरणात केली आहे.

२. अन्वेषणाची व्याप्ति

एकाद्या प्रकल्पांतील धरणाच्या जागेची किती बारकाईने तपासणी करावयाची हे काहीसे त्या प्रकल्पाच्या आकारमानावर व काहीसे त्या ठिकाणच्या उपपृष्ठांच्या अवस्थेवर अवलंबून असते. उदाहरणार्थ, एकाद्या ठिकाणी जर ग्रॅनाइट-सारखा कठीण दगड पाण्याने उघडा पडून वरच्यावरच आढळला तर अशा ठिकाणी अन्वेषणाकरिता वेळ व पैसा पुष्कळ कमी लागेल. परंतु, दुसऱ्या ठिकाणी, एकाद्या नदीघाटींत साचलेल्या खोल अधिभाराखाली स्तरमय व दुमडलेला खडक जर आढळला व त्याच्या गुणाबद्दल काहीच माहिती उपलब्ध नसली तर अशा जागेचे अन्वेषण करण्यास पुष्कळच वेळ व पैसा लागेल हे उघड आहे. तसेच एकाद्या गिड्डया अपवाही बांधाकरिता जे अन्वेषण करावे लागेल ते मातीच्या अगर दगडी बंधाऱ्याच्या मानाने पुष्कळच कमी लागेल. एकादे खाजगी धरण त्याच्या मालकाला बांधावयाचे असेल तर, पुष्कळ वेळा, तो, प्रत्यक्ष बांधकाम करण्यापूर्वी, अशातऱ्हेच्या अन्वेषणाचा खर्च सोसण्यास

आकृति १ अरकान्सास राज्यांतील पेटिटजीन नदीवरील ब्लू माउंटन धरणाच्या जागेचा प्रदेश वर्णनात्मक नकाशा.
(यू. एस. इंजिनिअर ऑफिस, लिटलरॉक आर्क यांच्या सौजन्याने)

तयार नसतो. परिणामतः, अपरिपूर्ण अन्वेषणामुळे अशा बांधकामाच्या अंतिम खर्चांत खूपच वाढ होते.

३. प्रारंभिक सर्वेक्षण

सखोल, महत्वपूर्ण सर्वेक्षण करण्यापूर्वी पुष्कळसे सामान्य परीक्षण करणे व खर्चाचा साधारण अंदाज तयार करणे अगत्याचे असते. तज्ज्ञांच्या दृष्टीने, प्रत्यक्ष जागेवर जाऊन सखोल अभ्यास करण्यापूर्वी धरणाला उपयोगी किती जागा उपलब्ध होऊ शकतील याचा साधारण अंदाज घेणे जरुरीचे असते. उदाहरणार्थ, जर वीजनिर्मितीचा प्रकल्प असेल तर त्याकरिता किती जलशीर्ष मिळेल याची साधारण कल्पना असणे उपयुक्त होईल. या उलट, जर प्रकल्प पिण्याच्या पाण्यासाठी किंवा पूरनियंत्रणासाठी तयार करावयाचा असेल तर तलावाची किती एकर फूट क्षमता मिळेल याचा अंदाज असणे उपयुक्त ठरेल.

या प्रारंभिक अन्वेषणांत तज्ज्ञाला धरणाच्या निरनिराळ्या संभाव्य जागी सांडव्यासाठी पुरेशी जागा मिळू शकेल की नाही हेही समजणे जरुरीचे असते. केवळ एकाद्या जागी दरी अरुंद आहे म्हणून काटकसरीची आहे व ती ग्राह्य होईल असे मानणे चुकीचे होईल. कारण, जर त्या ठिकाणी सांडव्यासाठी लागणारी लांबी पुरेशी उपलब्ध होत नसेल तर ती जागा धरणाकरितां योग्य आहे असे मानता येणार नाही कारण त्या ठिकाणी सांडवा बांधण्यास खर्च फार येईल. प्रारंभिक अन्वेषणाचे वेळी धरणासाठी जितक्या सोयीस्कर जागा आढळतील तितक्या सर्व जागांची माहिती मिळविणे इष्ट असते. मात्र यावेळीं त्या सर्व जागासंबंधी उपपृष्ठ समन्वेषणाची तितकीशी जरुरी नसते. परंतु अशा जागांचे सर्वोत्कृष्ट नकाशे मिळविणे जरुरीचे असते. पुष्कळ ठिकाणी असे सरकारी, प्रदेशवर्णनात्मक नकाशे उपलब्ध असतात. आणि हे नकाशे तज्ज्ञांना सामान्य निरीक्षणाचे वेळी अत्यंत उपयोगी पडतात. निर्द्रववायुभारमापक यंत्र, हातदुर्बिण, लोखंडी टेप व कॅमेऱ्यासारखी साधने वापरणें जरुरीचे व उपयुक्त असते.

ज्या जागी धरण बांधणे शक्य आहे अशा सर्व जागांची माहिती प्रारंभिक सर्वेक्षणांत गोळा करणे जरुरीचें असते हे उघड आहे. कारण, या माहितीवरून तज्ज्ञांनी तुलनात्मकदृष्टचा थोडासा अभ्यास केला तरी त्यांना काही जागा सोडून बाकीच्या केव्हाही वगळता येतात.

४. प्राथमिक अन्वेषण

प्राथमिक अन्वेषणासाठी खालील बाबींची माहिती असणे आवश्यक असते :—

(अ) जागेचे स्थूल मानाने Stadia पद्धतीने सर्वेक्षण करून त्यावरून तयार केलेले प्रदेशवर्णनात्मक नकाशे.

(आ) त्या ठिकाणच्या अधिभारासंबधीची काही माहिती.

(इ) पायाच्या जागेच्या वैशिष्टयानुसार व प्रकल्पाच्या आकारमानाप्रमाणे साधारणपणे ६ ते ५० इतकी वेधनें.

(ई) प्रारंभिक भूतत्वाचे अन्वेषण व त्याचा अहवाल.

(उ) बांधकामाला लागणाऱ्या, माती, मुरुम, दगड, खडी वगैरे मालाचे परीक्षण करून उपयुक्त माल किती मिळू शकेल याचा अंदाज.

(ऊ) रस्ते, आगगाड्यांचे मार्ग, दूरध्वणी व तारायंत्राचे मार्ग, पाण्याचे नळ आणि वीजगृहे अशा लोकोपयोगी बाबींना धरणामुळे जर अडथळा येणार असेल तर त्यासंबंधी अभ्यास.

(ए) वरील गोष्टींच्या पुनःस्थापनेसाठी धरणांच्या नदीघाटीतील सर्व उपयुक्त जागांच्या भूरचनेच्या माहितीचा बिनचूक नकाशा तयार असणे अत्यावश्यक.

(ऐ) जलविज्ञानासंबंधी अभ्यास.

(ओ) नाल्यांतील पूररेषांची तपासणी व त्यायोगे सांडपाण्याच्या कार्यक्षमतेची निश्चिति.

ही प्राथमिक माहिती गोळा करण्याचा उद्देश हाच की, तिच्यावरून कार्यालयांतच तिचा अभ्यास करून खर्चाचा अंदाज काढता येतो; आणि अशा माहितीच्या सहाय्याने तपासलेल्या अनेक जागांतून जास्तीत जास्त सोयीस्कर व कमीत कमी खर्चाची जागा कायम करता येते.

धरणाच्या जागा सर्वसाधारणपणे ठरविण्याचे वेळी एका महत्वाच्या गोष्टीचा विचार करणे अगत्याचे असते आणि ती म्हणजे ज्या नाल्यावर असे धरण बांधावयाचे त्याच्या पाणवठ्यातून माती किती प्रमाणात वाहून येते ही होय. काही नाल्यातील पाण्यावरोबर माती इतकी वाहून येते की काही वर्षांतच तलावात त्या मातीचा मोठा थर साचतो; व पाणी साठविण्याची त्याची क्षमता

अतिशय कमी होते. या दृष्टीने वरील निरीक्षणाचे महत्व आहे. ही माती तलावातून बाहेर वाहून जावी म्हणून धरणाच्या बांधकामात, मुद्दाम काही द्वारे विशिष्ट पातळीवर ठेविली जातात. परंतु अशा द्वारांची कार्यक्षमता फारशी दिसून येत नाही. फक्त बंधाऱ्याला लागून असलेली माती तेवढी थोडया प्रमाणात वाहून जाते पण त्याचा तलावाच्या क्षमतेवर फारसा परिणाम होत नाही. अशा नाल्यात पाणी कमी वेगाने वाहते व त्या पाण्याच्या प्रवाहातून वाहून येत असलेली माती केवळ धरणाच्या जलाशयातच साठून रहात नाही तर बाजूस नाल्याच्या पात्रांतही ती साचून रहाते. त्याचा परिणाम म्हणजे जलाशयाच्या वरील नाल्याचे पात्र माती साचून कित्येक मैलपर्यंत भरून जाते. अशा वाहून येणाऱ्या मातीचे प्रमाण काही नाल्यांत अगदी दुर्लक्ष करण्याइतके कमी असते, तर कांहींत ते सुमारे दर दशलक्ष भागात सात हजार भाग इतके जास्त असू शकते. मिसिसिपी नदीत, सेंट लुईस येथे, ते दर दशलक्ष भागास पंधराशे इतके आहे. याचाच अर्थ शुष्क मातीचे वजनाचें प्रमाण दर लिटर पाण्यास १५ मिलीग्रॅम किंवा दर पौंड पाण्यास .००१५ पौंड आहे.

दक्षिण कॅलिफोर्नियात १९३८ साली आलेल्या पुरात, अशा मातीच्या थराचे प्रमाण १०० चौ. मैलाच्या परिसरात दर चौ. मैलात जास्तीत जास्त ६० हजार घन यार्ड व ५० चौ. मैलात ७० हजार घन यार्ड इतके जास्त होते.

५. अंतिम अन्वेषण

पुष्कळशा जागांचे, प्रथम, प्राथमिक अन्वेषण करावे व नंतर त्यासंबंधी अधिक अभ्यास करावा व त्या आधारे निरनिराळ्या जागी येणाऱ्या खर्चाचे अंदाज तयार करावेत. नंतर अशा अनेक जागांतून एक जागा अंतिम अन्वेषणाकरिता निवडावी. या जागेचे सर्वेक्षण करावे व त्यावरून तयार केलेले प्रदेशवर्णनात्मक नकाशे शक्य तितके बिनचूक असावेत म्हणजे त्यांचा उपयोग प्रत्यक्ष बांधकामाकरिता करता येतो. तसेच जरूर ती वेधने, जांचगर्ता, उपपृष्ठ समन्वेषण, भूशास्त्रीय अभ्यास, पायातील दगड, माती वगैरेंची तपासून मिळविलेली माहिती व बांधकामात वापरण्यात येणाऱ्या खाणीतील उपलब्ध असलेल्या मालाच्या तपासणीची माहिती एकत्र करावी.

अशा तऱ्हेच्या अंतिम अन्वेषणातून तज्ञाला जरूर ती माहिती धरणाचे संकल्पित चित्र तयार करण्यास उपलब्ध झाली पाहिजे व त्यावरून त्याला बांधकामाचे अंदाजपत्रकही तयार करणे शक्य झाले पाहिजे व अशा अंदाज-

पत्रकाच्या सहाय्याने प्रत्यक्ष बांधकामाच्या खर्चावरही जरूर तितके नियंत्रण ठेवता आले पाहिजे.

धरणाच्या जागेच्या प्रारंभिक व अंतिम अन्वेषणांत फारसा फरक नेहमीच असतो असे नाही. पुष्कळ वेळा तीं एकमेकांत सामावूनही जाण्याची शक्यता असते. फरक एवढाच की सुरवातीच्या अन्वेषणात पुष्कळ जागांचा विचार केलेला असतो व अशा वेळी ही पहाणी, अनेक जागांपैकी कोणती जागा जास्तीत जास्त उपयुक्त होईल हे ठरविण्यापुरतीच मर्यादित असते. अंतिम अन्वेषणात मात्र यापेक्षा जास्त पहाणी करावी लागते व त्याला खर्चही फार येतो. असा खर्च केल्यावर जर अशी जागा सोयीची नसल्याचे आढळून आले तर हा खर्च फुकट जातो. प्रकल्पाचे सुरवातीसच जर प्राथमिक अन्वेषण केले असेल तर अंतिम अन्वेषणानंतर खर्च फार येईल म्हणून तो प्रकल्पच हाती न घेण्याची व अंतिम अन्वेषणाचा खर्चही फुकट जाण्याची पाळी येत नाही.

ज्या तज्ज्ञाने प्रारंभिक अन्वेषण केले असेल त्याच्याच पर्यवेक्षणाखाली अन्तिम अन्वेषण बहुधा केले जाते. निदान त्याच्या शिफारशीनुसार ते होते. यातील मुख्य बाबी पुढील होत :—

(अ) आपणाला हव्या असलेल्या धरणासाठी दोन अगर अधिक जागांच्या उपयुक्ततेसंबंधी तुलनात्मक माहिती मिळविणे. त्यामुळे अंतिम जागा नक्की ठरविता येईल.

(आ) कोणत्या प्रकारचे धरण बांधावयाचे ते ठरविणे.

(इ) उपपृष्ठातील पायाच्या जागेच्या परिस्थितीचा बिनचूक अभ्यास करून ठरविलेल्या जागेची माहिती जमविणे. तीवरच धरणाची सुरक्षितता व खर्च या गोष्टी अवलंबून असतात.

(ई) धरणासाठी लागणाऱ्या, तलावातील पाण्याखाली जाणाऱ्या व इतर आवश्यक कारणासाठीं लागणाऱ्या जागांच्या क्षेत्रफळांचा अंदाज घेणे.

(उ) जे हमरस्ते व रेल्वेमार्ग, तलावातील पाण्यामुळे काही ठिकाणी उंचीवरून न्यावे लागतील अगर त्यांच्या जागा बदलाव्या लागतील त्यासंबंधीची व्याप्ती व प्रकार निश्चित करणे.

(ऊ) प्रकल्पाला जे सरकारी नियम लागू असतील त्यांची माहिती मिळविणे.

(ए) खर्चाचा शक्य तितका बिनचूक अंदाज तयार करण्याकरिता लागणारी सर्व माहिती मिळविणे.

(ऐ) धरणाची नक्की जागा ठरविणे, लागणारी यंत्रसामग्री, रहाण्याच्या जागा, (Cofferdam) कुंडनबांध, प्रकल्पासाठी हमरस्ते व रेल्वेमार्ग, लागणारा माल साधारणपणे कुठे मिळेल याची माहिती; सारांश, धरणाचे काम सुरू करण्याचे दृष्टीने उपयुक्त अशा सर्व बाबींची माहिती निश्चित करणे.

(ओ) बंधाऱ्याचे संकल्पचित्र तयार करण्याकरिता लागणारी आवश्यक माहिती जमविणे.

६. (बंधाऱ्याच्या) जागेची निवड

मोठ्या प्रकल्पातील अनेक निरनिराळ्या घटकांपैकी धरण हा एक महत्त्वाचा घटक असतो व म्हणूनच त्याच्या जागेची अंतिम निवड, त्या प्रकल्पांतील निरनिराळ्या घटकांना उपयुक्त होईल या दृष्टीने, विचारपूर्वक करावी लागते. चालू विवरणात आपण फक्त धरणाला लागणाऱ्या जागेच्या युक्तायुक्ततेपुरताच विचार करणार आहोत खर्च योग्य प्रमाणात येईल व ज्या उद्दिष्टाने धरण बांधावयाचे ते साध्य होईल अशा तऱ्हेने धरणाची जागा ठरवावी लागेल तसेच या जागी धरण कसे सुरक्षित राहील हेही धरणाची जागा नक्की करण्यापूर्वी पहावे लागेल. स्थूल मानाने या संबंधी विचार केल्यावर, झालेल्या अंतिम अन्वेषणानंतरच धरणाची नक्की जागा काळजीपूर्वक ठरवावी लागेल. त्यासाठी खालील महत्वाच्या गोष्टींचा विचार करावा लागेल.

(अ) पायाच्या जागेच्या उपपृष्ठातील परिस्थिती.

(आ) धरणाच्या जागेच्या प्रदेशाचे ज्ञान आणि तिचे धरणाच्या आकारावर होणारे संभाव्य परिणाम, तसेच त्याकरिता लागणाऱ्या खोदकामाची राशि वगैरे.

(इ) बांधकामाला लागणारा माल योग्य प्रतीचा आणि पुरेसा मिळेल अगर कसे.

(ई) प्रकल्पाकरिता लागणाऱ्या जमिनीची किंमत व पाण्याचे हक्क यासंबंधी खर्चाचा अंदाज.

(उ) (Cofferdam) कुंडनबांध व पायांतील पाणी उपसणें यांचा अंदाजी खर्च व त्याकरिता लागणाऱ्या नळ व इतर सामग्रीचा अंदाज.

(ऊ) धरणाच्या जागी पोहोचण्याकरिता रस्ते वगैरेंची सुविधा व त्याकरिता लागणारी वाहतूक-यंत्रणा.

(ए) बांधकामाची यंत्रसामग्री व रहाण्याकरिता लागणाऱ्या जागांसंबंधी पहाणी.

(ऐ) बांधकामाची सुरक्षितता.

धरणाची जागा नक्की ठरवितांना पायाच्या ठिकाणी योग्य उपपृष्ठ उपलब्ध आहे कीं नाहीं हें पहाणें अत्यंत महत्त्वाचें आहे. पायाची जागा धरणाच्या दृष्टीनें अभेद्य असावी लागते किंवा ती अन्य उपायांनी तशी करणें शक्य होईल अशी असावी लागते तसेच ती धरणाच्या भिंतीचे वजन तोलू शकेल व साठविलेल्या पाण्याचा दाब सहन करू शकेल अशी भक्कम असणें जरूर असते. ज्या ठिकाणी धरण बांधावयाचे आहे त्या ठिकाणी नदीघाटीची रुंदी पुरेशी असणें फायदेशीर असते. अर्थात ही रुंदी धरणाच्या लांबीपेक्षा जास्त नसावी हें उघडच आहे, व ती सांडवा, बिजलीघर, नौकानयन या व अन्य जरुरीच्या कामाकरिता पुरेशी असावी. मातीच्या किंवा अश्मस्थापित (rock filled) धरणाखेरीज इतर धरणांच्या बाबतींत अशा धरणाच्या लांबीचाच कांहीं भाग सांडव्याकरितां बहुधां उपयोगांत आणला जातो. मातीच्या व अश्मस्थापित (rock filled) धरणाच्या बाबतींत मात्र सांडव्याचे बांधकांम हा एक स्वतंत्र भाग असावा लागतो व त्याकरिता लागणाऱ्या योग्य जागेची निवड स्वतंत्रपणे करावी लागते. धरणाच्या जागेची निवड, त्याठिकाणी असणारी पायाची परिस्थिति, जागेवर मिळणारा माल, यावर अवलंबून असते. तसेच धरण मातीचे अगर अश्मस्थापित असेल तर त्या ठिकाणी पुरेशी चिकणमाती, मुरुम, दगड वगैरे उपलब्ध होईल अगर कसे हें पहावे लागते.

७. प्रदेशवर्णनात्मक नकाशे व हवाई मानचित्रण[१]

प्रदेशवर्णनासंबंधी माहिती असल्याखेरीज धरणबांधणीबद्दल विचार करता येणार नाहीं. म्हणून कुठल्याही धरणाच्या जागेच्या अन्वेषणात प्रदेशज्ञानाचे

तळटीप १. आर्कान्सास, लिटलरॉक येथील कोअर ऑफ इंजनिअर्सचा विभागीय अभियंता. मेजर टी. एफ. कर्न याने ७ ते १४ पर्यंतच्या अनुच्छेदात पुरविलेली आणि सर्वेक्षण आणि रेखाचित्रण विभागाचा प्रमुख फ्रॅन्सिस पी. न्यूमन याने तयार केलेली आधार सामग्री.

अत्यंत महत्त्व असते. विमानांतून पहाणी करून जमिनीवरील महत्त्वाच्या जागांशीं संबंध सांधून नकाशे तयार करण्याच्या पद्धती, अलिकडे, बऱ्याच निघाल्या आहेत. Stadia पद्धतीने लहान नकाशे तयार करण्याच्या जुन्या पद्धती आता हळूहळू मागे पडत चालल्या आहेत. आधुनिक पद्धतीनुसार १० फूट अगर त्यापेक्षां जास्त अंतर असलेले समोच्च नकाशे, त्रिमितीय हवाई फोटोचा उपयोग करून तयार करता येतात. Zeiss Aero Topograph Company चे Multiplex या व्यापारनामानें उपलब्ध असलेलें साधन या कामीं जास्त प्रमाणात उपयोगात आणले जाते. हे साधन Bausch and Lomb Optical Company अलिकडे तयार करीत आहे आणि Corps of Engineers U. S. Army यांनी त्यास मान्यता दिली असून नकाशे तयार करण्याचे प्रमाणित उपकरण म्हणून मान्यही केलें आहे व त्याचा लष्करी व बिनलष्करी प्रदेशवर्णनात्मक नकाशे तयार करण्याकरिता सर्रास उपयोग केला जात आहे.

प्रदेशवर्णनात्मक नकाशे तयार करण्याकरिता (Multiplex) साधनांचा उपयोग करण्याची खालील पद्धत आहे :—

(१) ज्या जागेचा नकाशा तयार करावयाचा त्या जागेचे विमानांतून चित्रीकरण केलें जातें.

(२) अवकाशक प्रतिमान तयार करण्याकरिता जमिनीवर पुरेसें नियंत्रण-बिंदु कायम केले जातात. जितक्या प्रमाणात आपल्याला नकाशात अचूकपणा हवा असेल तितक्या प्रमाणात जमिनीवरील या बिंदूंची संख्या ठरवावी लागते. जमिनीवरील या नियंत्रण बिंदूंच्या संख्येवर अवकाशिक प्रतिमांची[२] अचूकता अवलंबून असते.

(३) (Multiplex) आलेखन करणें. त्यायोगे अवकाशिक प्रतिमेचे प्रत्यक्ष नकाशांत रूपांतर होतें.

(४) आलेखन व तथाकथन प्रक्रिया.

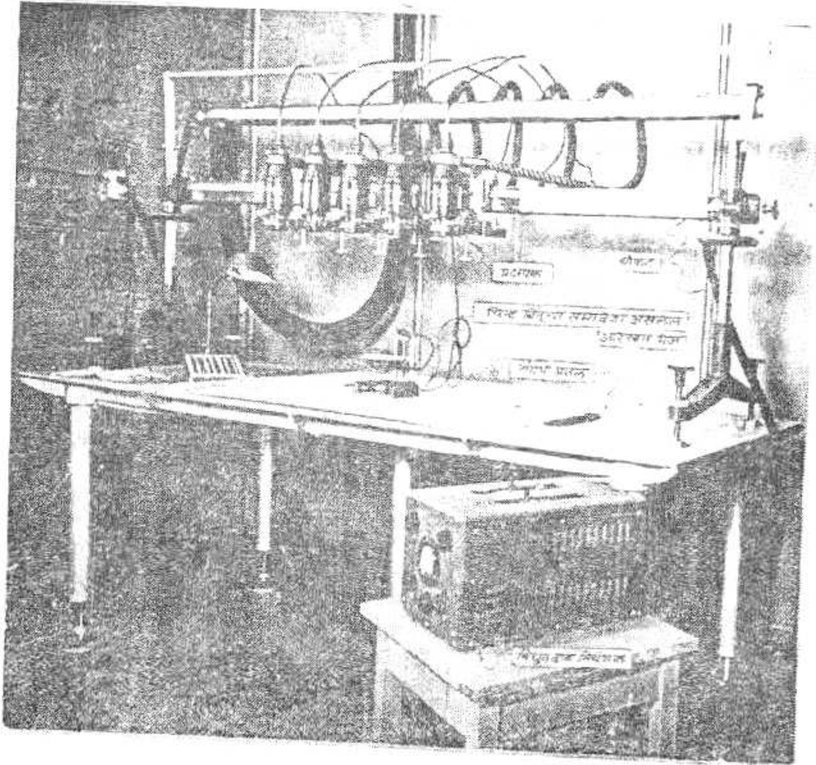
८. वायुप्रक्षेपण-पद्धती

मल्टिप्लेक्स किंवा वायुप्रक्षेपण पद्धतीमध्ये उपकरणांचा जोडीजोडीनें संयुक्तपणें उपयोग केला जातो. व हवाई छायाचित्रांच्या जोड्याजोड्यांची धन प्रतिबिंबें एकामागून एक प्रक्षेपित केली जातात. या प्रतिबिंबांचा छायाचित्रणीय प्रत्यावर्तनाने

तळटीप २. सुयोग्य फिल्टर चष्म्यातून पाहिले असताना प्रकाशाच्या प्रक्षेपित किरणांच्या आंतर्छेदनाने पृथ्वीच्या पृष्ठभागाच्या अवकाशात तयार झालेल्या प्रतिमान चित्राला "विशेष प्रतिमान चित्र" म्हणतात.

(Reversal) निसर्गदृश्याचा अवकाशिक नमुना तयार केला जातो; आणि उपकरणांची योग्य जुळवाजुळव करून पूरकवर्णांच्या दोन किरणांचा अवकाशांत प्रतिच्छेद करून ती प्रतिच्छेदित किरणें प्रक्षेपित केली जातात.

हा नमुना प्लॅस्टिकचा केलेला असतो व या नमुन्याचे निरीक्षण संवादी पूरक वर्णांच्या निस्यंदन (filter) कांचेच्या चष्म्यातून केले जाते. नंतर चल (movable) व समायोजनीय (adjustable) मापक चिन्हांच्या मदतीने तपासून त्याचे मापन केले जाते. मापकचिन्हाच्या मध्यभागी ठेवलेल्या पेन्सिलीच्या साहाय्यानें वास्तविक लंबरेखीय प्रक्षेपित (True orthographic Projection) समतलावर हा नमुना तयार करता येतो. याकरिता समतलमापन व उठावाचें अखंड अनुरेखन करावें लागते.



आकृति २. धारावाही छाया चित्रापासून प्रदेशवर्णनात्मक नकाशे तयार करण्याची मल्टिलेक्स पद्धतीची विशिष्ट यंत्रणा (यू. एस्. इंजिनिअर ऑफिस, लिटल् रॉक यांच्या सौजन्याने)

९. मल्टिप्लेक्स उपकरण

मल्टिप्लेक्स उपकरण हें बळकट बांधणीच्या समतलपृष्ठ असलेल्या मेजाचें बनविलेले असते. समतलपृष्ठ हे त्याचे संदर्भतल बनते. या संदर्भतलाचे समान्तरण आणि अंतर सहजपणें नियंत्रित करता यावे म्हणून या उपकरणात एक चौकटीत दांडा बसविलेला असतो. त्यांत प्रक्षेपक अगर छोटा कॅमेरा व गणनामापक चिन्ह बसविलेलें गोल मेज ह्या वस्तु ठेवलेल्या असतात. हवाई ऋण कांच व प्रक्षेपण करण्याची धन कांच यांतील गुणोत्तर योग्य राखण्याकरितां लागणारे घटाई मुद्रक आणि इतर महत्त्वाची उपसाधनेंही त्यांत समाविष्ट केलेली असतात.

हवाई छायाचित्रांच्या साहाय्याने नकाशे तयार करण्याची एक विशिष्ट मल्टिप्लेक्स यंत्रणा आकृति क. २ मध्ये दाखविली आहे.

१०. मल्टिप्लेक्स नकाशा तयार करण्यासाठी लागणारे स्थल नियंत्रण

मल्टिप्लेक्स अवकाश-नमुन्याचे स्थल नियंत्रकाशी दिशानिर्देशन करावे लागते. याकरिता लागणारे सर्वेक्षण अशा दर्जाचे असते की त्याच्या साहाय्याने अंतिम नकाशे तयार करता येतात. सामान्यतः ज्या उंचीवरून आपणास फोटो घेता येईल अशा जास्तीत जास्त उंचीकरिता आपणास जर दहा फूट अचूकता हवी असेल तर साधारणतः दर सहा मैलांच्या उड्डाणरेषेवर समस्तर-नियंत्रण कमीत कमी तिसऱ्या दर्जाचे असावे लागते. तसेच प्रत्येक त्रिमितीय जोडीकरिता कमींत कमी चार उत्थानबिंदु कायम करावे लागतात व त्याकरिता उदग्र-नियंत्रणासाठीं पुरेशा प्रमाणांत ४ थ्या दर्जाची यथार्थता असावी लागते. ही यथार्थता साध्य होण्याकरिता उदग्र नियंत्रण उच्च दर्जाच्या तलेक्षणाशी (Levelling) निगडित असणें जरुरीचें आहे. हे तलेक्षण हमरस्ते, लोहमार्ग आणि जास्तींत जास्त सहजतेने जाता येईल अशा मार्गावरून केले तर ते काटकसरीचे होते व तसें ते करणे इष्ट आहे.

११. मल्टिप्लेक्स आलेखन

मल्टिप्लेक्स आलेखनाकरिता दोन प्रक्षेपकात Diapositive[३] चे योग्य अनुस्थापन केलें जाते. ही Diapositives ज्या कॅमेऱ्यात अंतर्भूत करावयाची असतात तेथे ती

तळटीप ३. डायपॉझिटिव्ह ही संज्ञा, कृत्रिम प्रकाशाने प्रक्षेपण करतां यावे म्हणून द्रावण लावलेल्या काचेवर छापलेल्या एका लहान धनहवाई छायाचित्रास वापरण्यांत येते.

हवाई निगेटिव्ह म्हणून काम देऊ शकतात. एकामागून एक चित्रे घेण्याचे वेळी अशा कॅमेऱ्याची जागा पुन: प्राप्त करून अवकाश नमुना तयार करिता येतो. असा हा नमुना आलेखन करावयाच्या माध्यमावर आलेखित केलेल्या भूमिनियंत्रकाशी जुळविला जातो. प्रचालक नंतर प्रतिकृतीवरील क्षेत्रमापन व प्रदेशवर्णनात्मक चिन्ह–बिंदूच्या मध्यावर बसविलेल्या पेन्सिलीच्या साहाय्यानें नमुन्याच्या माध्यमावर उतरवितो. हा चिन्हबिंदु एका पांढऱ्या रंगाच्या गोल तबकडीच्या मध्यावर केंद्रित केलेला असतो व तो वरखाली सरकू शकतो. त्याची हालचाल मापताही येते. तसेच त्याला समस्तर गतीही माणसाकरवी देता येते व या समस्तर हालचालीमुळे जरूर ते क्षेत्रमापनही रेखांकित करता येते. लंबरेखीय प्रक्षेपणाशिवाय त्याचा उपयोग समोच्च रेषा रेखाटण्याकरिताही होतो. प्रकाशाच्या छोट्या बिंदूचा स्रोत अवकाशीय प्रतिकृतीच्या पृष्ठभागावर टाकून ही आवश्यक माहिती मिळविता येते.[४] प्रकाशबिंदूची मापलेली उभी हालचाल व नकाशा ज्या प्रमाणावर काढलेला असतो तें प्रमाण या उभयतांचें एकमेकांशीं जे गुणोत्तर येईल त्यावरून प्रकाशबिंदू किती वर गेला हें सांगता येते. मल्टिप्लेक्स कृति पुरी झाल्यावर तयार झालेला आलेख योग्य निर्वचन करून अत्यंत काळजीपूर्वक संपादित केला जातो, आणि नंतर पाहिजे तशा पुनरुत्पादनाच्या पद्धतीकरिता वापरता येतो.

१२. मल्टिप्लेक्स आलेखाचे तुलनात्मक मूल्य

मल्टिप्लेक्स पद्धतीनें समोच्चरेषांकित केलेल्या दर चौरस मैल क्षेत्राचा खर्च हा अवकाशिक प्रतिकृतीच्या उपयोगांत आणल्या गेलेल्या भागाशीं समप्रमाणांत असतो. तलावाच्या क्षेत्राचा नकाशा करण्यास उपयोगी असा भाग तेथील भूरचनेवर अवलंबून असतो. तबकडीसारख्या उथळ तलावास सर्वात जास्त खर्च येईल; तर लांब व अरुंद अशा अंगुलिसदृश जलाशयास तो सर्वात कमी येईल. हवाई छाया चित्रलेखनांत सामावलेल्या संपूर्ण क्षेत्राचें समोच्च रेखांकन करूनच मल्टिप्लेक्स पद्धतीचा उपयोग केल्यास या खर्चात जास्तीत जास्त बचत करणे शक्य होईल.

प्रत्यक्ष जागेवर जे काम करावें लागेल व त्या क्षेत्रात जी बारिक बारिक माहिती उपलब्ध होईल त्यावर मल्टिप्लेक्स नकाशाची एकंदर किंमत प्रामुख्याने अवलंबून असते. मात्र खर्चातील सर्वात जास्त फरक छायाचित्रण केलेल्या एकंदर क्षेत्राच्या किती टक्के क्षेत्र समोच्चरेषांकरिता उपयोगांत आणले त्यावर अवलंबून असतो.

तळटीप ४. २ पहा.

साधारणतः एकांश लागतीचा पल्ला व समोच्चरेषांकित केलेलें एकूण छायाचित्रित क्षेत्र यांचे परस्पर संबंध व समोच्चरेषांकित दर चौरस मैलाचा खर्च यांची माहिती खालील कोष्टकात दिली आहे. मात्र छायाचित्रित क्षेत्र समोच्चरेषांकित क्षेत्रापेक्षा नेहमीच पुष्कळ पटीने जास्त असते.

छायाचित्रित क्षेत्राची समोच्चरेषांकित क्षेत्राशीं टक्केवारी	दर चौ. मैल समोच्चरेषांकित क्षेत्राच्या किंमतीची व्याप्ति
२५	३०० ते ४०० डॉलर
३०	२३५ ते ३१५ ,,
३५	२०० ते २७० ,,
४०	१६५ ते २२० ,,

हवाई उड्डाण, छायाचित्रण, जमिनीवरील नियंत्रक बसविणें, नकाशे तयार करणें वगैरे व अधिपरिव्यय यांचा एकांश लागतींत समावेश केलेला असतो. वर निर्देशित केलेल्या किंमतीच्या व्याप्तींत कांहीं अपवादात्मक परिस्थितींत पुष्कळच फरक पडण्याचा संभव असतो.

प्रदेशवर्णनात्मक नकाशे तयार करण्यास मल्टिप्लेक्स व समतलमेज पद्धती वापरतात. त्यांची तुलना करण्याकरितां हवाई फोटोंचे उपयोग करून वापरण्यात येत असलेल्या आधुनिक समतलमेज पद्धतीचा आढावा घेणें उपयुक्त होईल. छायाचित्रांवर आलेखित केलेल्या जमिनीवरील उभ्या आणि आडव्या भूनियंत्रकांच्या जाळच्याच्या साहाय्यानें समोच्चरेषा निश्चित केल्या जातात. ही छायाचित्रें नंतर, कार्यालयात परत केल्यावर, तेथे "रेडिअल[५] लाइन प्लॉट" योग्य प्रमाण व दिग्निश्चितीवरून तयार करतात. यानंतर हे रेडिअल प्लॉट आधारपत्रावर स्थानांतरित केले जातात. अशा आधारपत्रावर पँटोग्राफ अगर प्रकाशीय प्रक्षेपकाच्या साहाय्याने फोटोमधील तपशील पूर्वीच चित्रित केलेला असतो. हे आधारपत्र, नंतर, शाईनें पुरे करून पुनर्निर्मितीकरितां वापरले जाते.

तळटीप ५. रेडिअल लाइन प्लॉट ही एक पद्धति आहे. या पद्धतींत हवाई छायाचित्रांतील कांहीं विविक्षित छायाबिंदु काढून टाकता येतात. तसेच त्यांतील उलटापालटीमुळे झालेलें विस्थापन आणि विरूपण हेही काढून टाकले जातात. निरनिराळ्या प्रमाण आणि उभार (relief) धारींतील फरकही दूर केले जातात. 'रेडिअल लाइन पद्धति' व आलेखनी संबंधी संपूर्ण माहितीकरिता वाचकांनी "टेक्निकल मॅन्युअल नं ५–२३०." "टोपोग्राफिक ड्राफ्टिंग" हे पुस्तक वाचावे. सुपरिंटेंडंट ऑफ डॉक्युमेंट्स, वॉशिंग्टन डी. सी. यांचेकडे हे पुस्तक मिळेल.

प्रत्येक समतलमेज समूहात चार माणसे लागतात. तेवढ्याच वेळांत मल्टिप्लेक्स पद्धतीत एक माणूस हेच काम करू शकतो. या दोन्हीही निर्माण पद्धतीत हवाई फोटोंचा वापर केला जात असल्याने हवाई खर्च सारखाच येतो. या दोन्हींत भूनियंत्रण साधारणत: सारखेच लागते आणि या दोन्ही पद्धतीपैकीं कोणत्याही पद्धतीने आधारपत्र तयार केल्यावर संपादन, आलेखन व पुनरुत्पादन याकरितांही खर्च सारखाच येतो. पण समतलमेजापेक्षा मल्टिप्लेक्स पद्धतींत मुख्य फायदा केवळ मनुष्यबळ वाचते हाच नाही तर मल्टिप्लेक्स पद्धति एकाच दिवशी दोन अगर तीन पाळ्याकरिता वापरता येते. यावेळी हवामान कसेही असले तरी चालते. मल्टिप्लेक्स पद्धतीत वेळ आणि खर्चात ३० ते ४० टक्के बचत करता येते असे उपलब्ध अशा सखोल तुलनात्मक माहितीवरून दिसते.

१३. हवाई प्रदेशवर्णनात्मक नकाशांचा उपयोग

पुष्कळ वेळां, सर्वेषण व प्रारंभिक अन्वेषण यासाठीं संपूर्ण नदीखोरें व क्षेत्राचें, कित्येक मैलांचे हवाई प्रदेशवर्णनात्मक नकाशे अत्यंत उपयोगी पडतात. कारण त्यांच्या साहाय्याशिवाय सर्व नदीकिनारा प्रत्यक्ष पायाखाली घालूनही, कांहीं वेळा, ज्या भागाचे अन्वेषण करावयाचे आहे त्या भागाची विशिष्ट लक्षणे व तेथील परिस्थिति नजरेतून सुटण्याचा संभव असतो.

अशा हवाई नकाशावर समोच्चरेषा नसल्या तरीही ते उपयोगी पडू शकतात. कारण त्यावरून शेतातील बांधाच्या रांगा, जंगलें, नांगरलेल्या जमिनी, इमारती व सार्वजनिक ठिकाणें वगैरेंची प्रदेशवर्णनात्मक माहिती मिळते. अशासंबंधी अलिकडे "ॲनॅग्लिफ्"[६] ही सुधारलेली पद्धती वापरण्यात येते. अशा पद्धतीने तयार केलेलें छायाचित्र प्रथम एकाद्या पिंगट डागासारखे दिसते. ते चित्र पहाण्यासाठी आपणास मॅकिस्कोप चष्मा वापरावा लागतो. मॅकिस्कोपमध्ये डावी कांच लाल व उजवी निळी असते. अशा चष्म्यांतून वरील नकाशा पहातांना आपणास जागेच्या ऊंचसखलपणाची कल्पना येते; आणि विमानाच्या पहाणींत अगर जमिनीवर केलेल्या पहाणीत राहून गेलेली बरीच चिन्हें आपल्याला दिसू लागतात. व धरणांच्या निरनिराळ्या जागांपैकीं कोणती जागा

तळटीप ६. अमेरिकन कलरटाइप कंपनी. एक जांभळी व दुसरी लाल अशा दोन जवळजवळ अध्यारोपित प्रतिमांच्या छपाईतून निर्माण झालेल्या चित्रास 'ॲनॅग्लिफ' अशी संज्ञा आहे. दोन संयुक्त रंगीत काचामधून पाहिले असता हे चित्र यथार्थदर्शन (stereoscopic effect) घडविते.

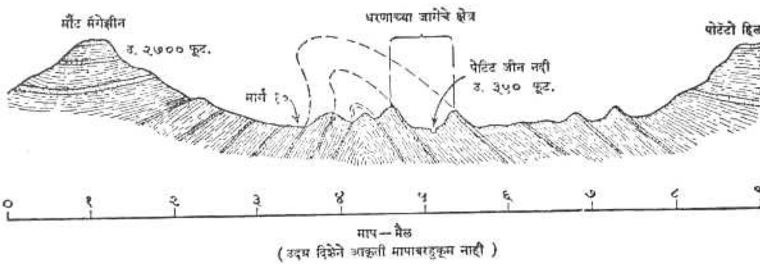
जास्त फायदेशीर होईल याची तुलनात्मक कल्पना करणें शक्य होते. तसेच पूर्वी ज्यांची कल्पना आली नाहीं व ज्या आढळल्याही नाहींत अशा खिंडीतील सांडव्याकरिता उपयुक्त जागाही यामुळे हुडकून काढणे शक्य होते.

१४. स्थल नकाशे

हवाई स्थलवर्णनात्मक नकाशाचा प्रारंभिक अन्वेषणाकरिता स्थलनकाशा म्हणून उपयोग होतो व जरी तो तंतोतंत नसला तरी चालते. अंतिम अन्वेषणाकरिता मात्र स्टेडिआ पद्धतीने किंवा समतल मेज पद्धतीने प्रदेशवर्णनात्मक नकाशा तयार करणें जरूर असते, व त्याकरितां महत्त्वाच्या आधाररेषा कायम करण्यासाठी साखळीने पुष्कळशी मोजणी करावी लागते. अंतिम ठरलेल्या जागेच्या प्रदेशवर्णनात्मक नकाशावर निर्देशांक प्रस्थापित करावे लागतात. त्याचे आसपास असणाऱ्या छेदनजागा, परीक्षागर्ता, वर्तमान व भविष्यकालीन इमारती यांचा अन्वेषणाचे वेळी व प्रत्यक्ष बांधकामाचे वेळी, या निर्देशांकाशी नेहमी संबंध जोडावा लागतो. जागा खडचा उताराची असल्यास, अशा जागीं नकाशावरील समोच्चरेषामधील अंतर २ ते ५ फूट असावे लागते. मात्र स्केल, सामान्यतः, दर इंचास १०० फूट अगर त्यापेक्षा कमी असले तरी चालते (आकृति १ पहा).

१५. भू-तत्वीय अन्वेषण

धरणाच्या जागेचे अन्वेषण करण्याकरिता अनुभविक वैज्ञानिकाची मदत घेणें अगत्याचें असते. प्रत्येक चांगल्या भूवैज्ञानिकाला आपल्या कार्यासंबंधी व्यापक



आकृति ३. पेटिट जीन वॅली आरकान्सास येथील नदीघाटीतील सामान्य भूतत्वीय छेद
(यू. एस्. इंजिनिअर कोअरच्या सौजन्यानें)

कल्पना असावी लागते. पुष्कळ वेळा, भूवैज्ञानिक बंधाऱ्याच्या जागीं हिंडून थोडक्याच दिवसांत आपले इतिवृत्त तयार करतो आणि ते इतके परिपूर्ण असते की कोणताही स्थपति ते वाचून भारावित होईल. पुष्कळ वेळा अशा संबंधित माहितींत बारिक सारिक गोष्टींचा समावेश होणें शक्य नसते. परंतु, तरीही वेधन-छिद्रे घेण्याकरिता या माहितीचा जास्तींत जास्त उपयोग करून जागा ठरविता येतात. (आकृति ३ पहा.)

खरे म्हणजे असा अविचल दंडक पाहिजे कीं, बंधाऱ्यासंबंधी अनुभव असलेल्या भूवैज्ञानिकाचे सल्ल्याखेरीज, महत्त्वाच्या प्रकल्पांत वेधनाचा कार्यक्रम केव्हांही सुरू करता कामा नये. कारण भूवैज्ञानिकास भूगर्भातील स्तरस्खलन, स्तरभंग, वलन, अवतरणछिद्र, अनुदैर्घ्य (dip) नमन इ. अवस्थांच्या परिणामांची कल्पना असते. परंतु या गोष्टी शास्त्रज्ञाच्या नजरेला येतीलच असें ठामपणे सांगता येत नाही. वरील मुद्याची कल्पना खालील उदाहरणांवरून कळून येईल. कांहीं वेळां चुनखडीच्या दगडाचे थर शेलच्या (shale) थरात अनुस्तरित असतात. असे असलें तरी अशा अश्मरचनेत एकाद्या ठिकाणी हे थर भंग पावलेले नसतात किंवा तेथें विस्तृत प्रमाणात द्रावणनाल्या अगर छिद्रे असण्याची शक्यता कमी असते. पण अशाच अश्मरचनेत दुसऱ्या एकाद्या ठिकाणी अशा द्रावणनाल्या तुलनेने जास्त प्रमाणात असू शकतात. तसेच कांही दगडात इतरापेक्षा द्रावणक्षमता पुष्कळच कमीही असू शकते.

आकृति ४. न्यू मेक्सिकोमधील कॅनिऑन कॉंचास धरणाच्या जागेवरील भूतलीय छेद (आर्यविंग कॉस्बी, ट्रॅन्स अमेरिकन सोसायटी ऑफ सिव्हिल इंजिनिअर्स यांच्यां भाग १०५ सन १९४० पान ५८३ वरील न्यू मेक्सिको येथील कॉंचास धरणांतील भूतत्वीय समस्या या लेखावरून)

काही ठिकाणी विस्तृत प्रमाणात हिरावेधन आणि पुष्कळसे अन्वेषण केलें जाते तरी शेवटी पायाला योग्य अशी परिस्थिती तेथें आढळून येत नाही. अशा

ठिकाणीं अन्वेषण करण्यापूर्वी जर, धरणांचा अनुभव असलेल्या एकाद्या भूवैज्ञानिकास नेमले असते तर त्याने स्थापत्य शास्त्रज्ञास, त्या जागीं काय परिस्थिति आढळेल याची अंदाजी कल्पना आगाऊच दिली असती; व जेथें पायायोग्य जागा मिळणें शक्य असेल असें ठिकाण त्यानें त्यास सुचविलें असते. वेधनातून मिळालेल्या दगडी सूचिकांचा (cores) अभ्यास करून निर्वचन करण्याकरिताही भूवैज्ञानिकांची महत्त्वपूर्ण मदत होते. महत्त्वाच्या प्रकल्पामध्यें अन्वेषणाच्या संपूर्ण काळात भूवैज्ञानिकाची मदत घेणे हा नेहमींचाच प्रघात असतो आणि धरणाच्या कामाचा विशेष अनुभव असलेल्या भूवैज्ञानिकास सल्लागार म्हणूनही नेमण्यात येते.

उपपृष्ठाच्या समन्वेषणाचे काम चालू असतांना भूवैज्ञानिकाच्या मदतीने धरणाच्या जागेचे व त्या जागेच्या जवळचे आडवे छेद घेतले जातात. पायांतील समस्या समजून घेण्याचे कामीं स्थापत्यशास्त्रज्ञास अशा जागांच्या छेदांचा फार उपयोग होतो. (आकृति ४ पहा.) आकृति ४ मध्ये न्यूमेक्सिको येथील कॉन्सास धरणाचे छेद दाखविले आहेत व आकृति क्र. ५ मध्ये पनामा येथील गॅटम धरणाच्या जागेचाही छेद दाखविला आहे. पायांतील

आकृति ५. गॅटम धरणाच्या अक्षावरील भूतत्वीय छेद

परिस्थितीचें अशा भूछेदांच्या साह्याय्यानें आकलन करणें सुलभ जाते. अर्थात् लिलाव मागण्यास उपयोगी माहिती म्हणून अगर मक्त्याचे कामाकरिता उपयोगी पडतील असे नकाशे म्हणून त्यांचा कधीही उपयोग करता कामा नये. कारण अशा नकाशामध्ये बराचसा काल्पनिक भाग असतो. त्यामुळे स्थापत्यशास्त्रज्ञानें त्यावरून चुकीची अनुमानें काढली आहेत असा आरोप लादला जाण्याचा संभव असतो. लिलाव-दारांचे केवळ माहितीसाठी म्हणून प्रत्यक्ष छेदनक्रीडांचा (cores) व छेदनांचे काळजीपूर्वक निर्वाचित केलेल्या अभिलक्षण–लेखांचा मात्र उयोग करावा.

१६. निम्नपृष्ट–समन्वेषण.

ज्या ठिकाणी धरण बांधावयाचे आहे, त्या ठिकाणचें, व्यापक प्रमाणांत निम्नपृष्ठ–समन्वेषण करणें जरूरीचे व हिताचे असते. कारण त्यामुळे भू-वैज्ञानिक, मृद्‌विशारद आणि प्रकल्प विशारद यांना खालील बाबी निश्चित करण्याचे कामी मदत होते :—

(अ) योग्य तऱ्हेचे व कमी खर्चाचें धरण बांधणें.

(आ) मातीचे धरण बांधण्याचे ठरले तर त्या ठिकाणच्या अधिभारातील मातीचे गुणधर्म जाणून घेणे.

(१) मातीच्या गुणधर्मावरून ठरविलेल्या धरणाच्या उतारावर-हुकूम धरण बांधण्याकरिता अधिभारातील मातींत स्खलन–प्रतिबंधक शक्ति पुरेशी आहे काय ? अगर पायांतील मातीची स्खलन–प्रतिबंधकता इतकी कमी आहे की ती बाब धरणाचे उतार निश्चित करण्याची नियंत्रण–बाब ठरावी काय ?

(२) अधिभारांतील माती पुरेशी जलाभेद्य आहे अगर धरणाच्या सुरक्षितेसाठीं खडकापर्यंत जलस्रावविरोधी (काटमार्ग) खंदक बांधावा लागेल अगर उगम-दिशेकडे तलावाच्या पृष्ठभागी मृत्तिकावरण घालावें लागेल काय ?

(३) अधिभारांत धोका प्रतिबंधक असें योग्य द्रव्य पुरेशा प्रमाणांत आहे काय ?

(४) धरण बांधण्यांस लागणारे द्रव्य खाणींत पुरेसे आहे काय आणि ते किती खोली पर्यंत व किती प्रमाणांत आहे ?

(५) तलस्थित पुश्तवान (Ledge) दगडात पोकळ्या, जोडपदर अगर द्रावणनाल्या आहेत काय ? कारण तशा नाल्या आढळल्यास, जरी मातीचे धरण बांधावयाचे असले तरी, त्यावर योग्य उपचार करणें जरूरीचें असते.

(इ) काँक्रीटचे धरण बांधावयाचे असल्यास पायातील पुश्तवान खडकाच्या गुणधर्माची माहिती.

(१) हा पुश्तवान खडक किती खोलीपर्यंत झिजला आहे ? तो किती खोलीपर्यंत व किती प्रमाणांत काढून टाकला म्हणजे काँक्रीटच्या धरणाचा पाया योग्य असण्याच्या दृष्टीने उपयुक्त होईल ?

(२) या खडकांत सिवनी व जोडपदर आहेत काय ? भरपूर गाराभराईची आवश्यकता ज्यामुळे भासेल अशी स्थिति किती खोलीपर्यंत आहे ?

(३) पायातील पुश्तवान खडक फुटून फार विस्कळीत झाला आहे काय ? त्यांत बांधकामाचे दृष्टीने कमकुवतपणा येईल अगर त्यांतून विस्तृत प्रमाणांत पाण्याचें झिरपण होईल असें न सांधलेले विफल स्तरभंग आहेत काय ?

(४) दगडाची भारक्षमता, काठिण्य व टिकाऊपणा.

(५) काँक्रीटकरितां उपयोगी अशा खडीची उपलब्धता–नदीच्या पात्रांत अगर आसपास वाळू आणि कंकर यांचे मान्य होतील असे साठे उपलब्ध आहेत काय ?

(६) काँक्रीटकरतां उपयुक्त अशा तऱ्हेच्या खडीला लागणाऱ्या योग्य दगडाच्या खाणी पुश्तवान खडकांत जवळपास उपलब्ध होतील कां ?

(७) पायांतील पुश्तवान खडकांत, मोठ्या प्रमाणांत उपचार करावे लागतील अशा, पोकळ्या अगर द्रावणनाल्या आहेत काय ?

१७. उपपृष्ठ–समन्वेषण पद्धति

सामान्यतः सर्वमान्य अशा, उपपृष्ठाचे समन्वेषण करण्याच्या पद्धतींत परीक्षा-गर्ता, कूप अगर बोगदे खणण्यांत येतात. कारण प्रत्यक्ष आत उतरून तेथे असणाऱ्या द्रव्याची परीक्षा करता येते व त्यांतील नमुने घेऊन त्यांची चांचणी

करता येते. मात्र अशा पद्धतींत संपूर्ण उपपृष्ठ–समन्वेपणास पुष्कळवेळां उमाप (Prohibitive) खर्च येतो. म्हणून कांही वेळां विद्युत्–अन्वेषण, अगर भूकंपीय अन्वेषण आणि निरनिराळ्या प्रकारची वेधने (Bores) घेण्याच्या पूरक अगर वैकल्पिक पद्धतींचेही अवलंबन करावे लागते.

१८. विद्युत्–प्रतिरोधकता व भूकपीय पूर्वेक्षण–पद्धति.

काही वेळां स्थापत्य शास्त्रज्ञास पुश्तवान खडकावरील अधिभाराच्या गुण-भाराबद्दल फारसे स्वारस्य नसते. (पायांतील खोदकामात) पायाचा आधार-तलस्थ दगड किती खोलीवर आहे व त्याचे गुणधर्म काय आहेत एवढेच जाणून घेण्याची त्याला जरुरी वाटते. हे जाणण्याकरितां दूरदूर अंतरावर वेधनें घेणें, कवा विद्युत्प्रतिरोधकता अगर भूकंपीय पद्धति वापरणें फायदेशीर होते. मात्र या पद्धती हीरावेधनाऐवजी वापरता येतील अशी कोणाची समजूत असेल तर त्याची फार निराशा होईल.

य पद्धती केवळ पूरक आहेत, आणि त्यांचा उपयोग सर्वसाधारण पृष्ठ-तलावरील परिस्थिति अजमाविण्याकरितांच करितात. अर्थात त्यामुळे अधि-भारातून आणखी सूचिकाछिद्रे अगर खडकातून हीरावेधने घेणें जरूर आहे का हेही समजून येते. या पद्धतीचा मर्यादितपणा लक्षांत घेऊन जर उपयोग केला तर उपपृष्टांतील अन्वेक्षणाच्या खर्चात पुष्कळच बचत करता येते आणि तेथील परिस्थितीचे ज्ञानही चांगल्या प्रकारे मिळू शकते.

खडकाच्या पुश्तवानातील पाण्याच्या संवाहकतेतील फरकावर विद्युत्प्रति-रोधकतापद्धति अवलंबून असते.

भूकंपीय–पद्धतीकरितां, स्फोटामुळें निर्माण झालेल्या कंपनलहरीच्या विस्तारमापनाची जरुरी असते; आंणि दगडाचा पुश्तवान व अधिभार याच्या स्थितिस्थापक गुणधर्मांतील परस्परप्रमाणावर हा विस्तार अवलंबून असतो. या दोन्हीं पद्धतींचा उपयोग करतांना त्या पद्धतीचें शिक्षण घेतलेली व अनुभवी अशीच माणसे निवडणें जरुरीचे असते. बऱ्याचशा स्थापत्यशास्त्रज्ञांना फक्त पायांतील दगडांचे बाबतीत औत्सुक्य असते. त्यांना त्या संबंधी जरूर ते ज्ञान असले म्हणजे पुरे. स्थापत्यशास्त्रज्ञ, प्रथम या दोन पद्धतींपैकी कोणती पद्धति वापरावयाची हे ठरवितो व नंतर प्रत्यक्ष अन्वेक्षणाचे वेळीं त्या विशिष्ट पद्धतीतील तज्ञांची नेमणूक करतो. परिस्थित्यनुरूप एक पद्धति दुसरीपेक्षां

जास्त चांगली असू शकते. म्हणून या दोन्हीं पद्धतींची[७] माहिती असलेलाच विशेषज्ञ नेमणें उपयुक्त असते.

१९ परीक्षा–गर्ता

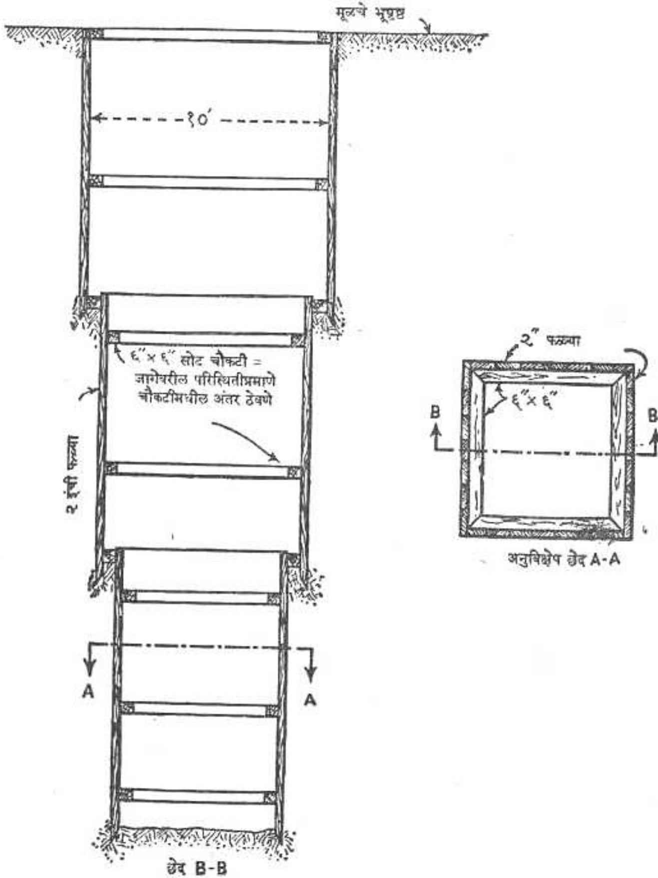
अधिभाराचे अन्वेषण करण्याकरितां परीक्षा–गर्तांचा उपयोग करणें आवश्यक आहे. कारण त्यामुळे स्थापत्यशास्त्रज्ञास त्या गर्तांत स्वतः उतरून, त्यातील बिनछडा अधिभाराच्या माहितीचें आकलन करता येते. परीक्षा-गर्ता अगर परीक्षा–चारी खोदल्याने तेथील द्रव्याचें बिनछडा (undisturbed) नमुने घेणें शक्य होते; आणि त्या द्रव्याचा नैसर्गिक प्रभाव व इतर गुणधर्म यांचे ज्ञान होण्यास अत्यंत साहाय्य होते.

हे चांचणी खड्डे खोदणें कोणासही जमेल असे वाटण्याची शक्यता आहे पण त्यांत चुका होतात असे अनुभवाने आढळून आले आहे. उदाहरणार्थ, कांही वेळां टिपगारी (Pointing) करितां फळयांची चुकीची बाजू वापरली जाते; किंवा त्यांची ताण बांधणी योग्य तऱ्हेने केली जात नाहीं. हें टाळण्याकरितां हे परीक्षा-खड्डे कसे खोदावे यासंबंधी माहिती व त्याबद्दलचा तपशील खाली देण्यांत येत आहे.

जर अशा खड्ड्यांची खोली जास्त असेल तर पृष्ठ भागांवर लांबी व रुंदी पुरेशी ठेवावी. त्यांत फळया ओळंब्यात बसविण्यांत याव्यात. खड्ड्याची खोली जसजशी वाढत जाईल तसतशा आणखी फळया खाली बसवीत जाव्यात. या फळया जागेवरून सरकू नयेत म्हणून आडव्या दट्टयाच्या चौकटींत त्या बसवाव्यात. या कामाकरितां दोन इंचापेक्षा कमी जाडीच्या फळया वापरणें निरुपयोगी ठरते. त्या १२ ते १६ फूट लांब व २×६ किंवा २×८ इंच रुंदीच्या असाव्यात. त्यांची खालची बाजू पाचरीसारखी असावी. अशा आकाराची फळी एका बाजूसच तासलेली असावी आणि फळी बसवितांना खड्ड्याच्या बाहेरच्या बाजूकडे ती तासलेली बाजू राहील अशी बसवावी म्हणजे खड्ड्यातून फळीची ती बाजू सहज दिसू शकेल. ही बाब जरी क्षुल्लक असली तरी ती महत्वाची आहे. कारण फळी बसवितांना ती उलटी बसली

तळटीप ७. आय्. बी. क्रॉस्बी व इ. जी. लिओनॉर्डन यांचे "इलेक्ट्रिकल प्रॉस्पेक्टिंग ॲप्लाईड टु डॅमसाइट्स" टेक्निकल पब्लि. नं १३१ (क्लास एल् जिऑलॉजिकल प्रॉस्पेक्टिंग नं. ७) तसेच डब्ल्यू. जे. मीड. यांचे एंजिनिअरिंग जिऑलॉजी ऑफ डॅम. साइटस" सेकंड कॉंग्रेस ऑन् लॅर्ज डॅम्स्, वॉशिंग्टन डी. सी. १९३६.

तर अशा फळ्या खड्ड्याच्या तळाशी दाटी करतील. फळ्यांचा एक संच पूर्णपणे बसविल्यावर दुसरा संच पूर्वीच बसविलेल्या दट्ट्यांच्या चौकटींत पाठीमागे बसवून मग त्या फळ्या खाली ठोकाव्यांत. खड्ड्यांतील माती साधारण प्रकारची असली तर तींत वापरण्यास ४ × ६ इंच मापाचे दट्टे पुरे होतील. ज्या ठिकाणी काम करावयाचे त्या ठिकाणच्या जमिनीच्या अवस्थेवरच या दट्ट्यांच्या चौकटीमधील अंतर अवलंबून राहील. चांचणी खड्डा चौकोनी असावा



आकृति ६. परीक्षा–गर्तातील लाकडी सोट आणि फळ्या यांची योजना. खड्ड्यांत दाटी होऊं नये म्हणून वापरण्यांत येणारी फळ्यांची टिपगारी पद्धत.

आणि खड्डा जास्तीत जास्त किती खोल खणावा लागेल यावर त्याची जमिनी-वरील लांबी व रुंदी अवलंबून राहील. तळात खड्याचा आकार ४'×४' पेक्षा कमी नसावा व तो प्रत्येक फळ्यांच्या संचाकरितां प्रत्येक बाजूस २ फूट अधिक जागा राहील असा खोदावा. उदाहरणार्थ, जर परीक्षा–खड्डा ३०' खोल असेल तर पृष्ठ भागावर त्याचा आकार १०'×१०' पेक्षा कमी नसावा. सामान्य खड्डयाकरितां फळ्या व त्याचे ताण कसे असावे हें आकृति ६ मध्ये दाखविले आहे.

पहिल्या दर्जाच्या कामावर सूचिकांतून मिळालेली माहिती पडताळून पहाण्या-करितां, कांही वेळां, फार खोल परीक्षा–गर्ता व परीक्षा–कूप घ्यावे लागतात. या देशांत परीक्षा–गर्ता खोदणें, बव्हंशी, दगड लागला कीं, थांबविले जाते. कधींकधीं तितक्या खोलीपर्यंतही या गर्ता खोदत नाहींत. पण कांहीं देशांत दगड लागल्यावरही त्यांत परीक्षा–कूप खोदण्याचा प्रघात आहे.

२०. धारावेधन

अधिभारांतून सूचिका घेण्यास धारावेधन अगर मथनावेधन या कमी खर्चाच्या पद्धती वापरण्यांत येत आहेत. परंतु भूगर्भांतील ज्या द्रव्यांतून हे वेधन होते त्यांच्या गुणधर्मांची माहिती मिळण्याचें दृष्टीनें त्यांच्यावर भरवंसा ठेवता येत नाहीं.

धारावेधन पद्धतींत एका मोठ्या वेष्टनिकेंत लहान नळी बसविलेले उप-करण वापरले जाते. आतील नळीच्या टोकांत एक तोटी बसविलेली असते. कधीकधी त्या तोटीला एक अड्डाही बसविलेला असतो. आतल्या नळींत दाबयुक्त पाणी भरतात. ही नळीं वर खाली करून त्यांतील पाणी व आंतील द्रव्य यांचे मिश्रण वेष्टन–नलिकेच्या तोंडातून बाहेर पडते. त्यामुळें वेष्टनिका लहान नळीपासून सुटी होते; आणि ती आणखी खाली सरकवितां येते. या-करिता एका तिवईवर वजन ठेवून वेष्टनिकेवर दाब दिला जातो. ही क्रिया पुश्तवान खडक लागेपर्यंत पुनःपुनः केली जाते.

जसजसे, वेष्टनिकेतून द्रव्यमिश्रित पाणी बाहेर येते तसतसें तें पाणी सांठा विले जाते. सूचिकेतून जे जे द्रव्य बाहेर येते त्याचे, यावेळी बिनछडा व धुवून गेलेले नमुने आपणांस घेता येतात. सर्व वेळ, या प्रक्षालन–जलाचे काळजीपूर्वक निरीक्षण करून आपणाला वाळू व खडी, अगर वाळू किंवा माती वा गाळमिश्रित वाळू यातून वेध होत आहे अगर कसे यांची बरीचशी

कल्पना मिळू शकते. अधिभारातून छेद घेण्याची धारावेधन–पद्धति ही सर्वात कमी खर्चाची आहे. मात्र अधिभारांतील द्रव्यांच्या गुणधर्मांची खात्रीलायक माहिती मिळण्याचे दृष्टीनें ही पद्धति कुचकामी ठरते. जेव्हां वेधन व नमुने घेण्याचे काम चालू असते व ज्यावेळी आपणास सूचिकेतील विशिष्ट भागांतील नमुने नको असतात त्यावेळीं त्या भागापुरती धारावेधन पद्धति वापरण्यास हरकत नाही. मात्र धारावेधन करण्यापूर्वी तेथील धावन धुवून बाहेर न टाकण्याची काळजी घेतली पाहिजे. (या प्रकरणातील अनुच्छेद २३ ते ३५ पहावेत.)

२१. मथना–वेधन.

मथना–वेधन पद्धतींत वेष्टनिकेंत एक डोल किंवा चमचा वापरला जातो. हा डोल अगर चमचा ठराविक लांबीचा असावा लागतो. धारावेधन पद्धतींत पुष्कळच पाणी वापरावें लागते. त्या मानानें फार थोडे पाणीं वेष्टनिकेंत वापरलेलें असते. पुष्कळ वेळा भूमिगत साठलेले नैसर्गिक पाणी या कामाकरितां पुरे पडते. डोल अगर चमच्याच्या तळाशीं झडपी किंवा पुच्छ बसविलेले असते. त्यामुळें छेदन–नलिकेंत द्रव्य आंत येऊ शकते, बाहेर जाऊं शकत नाहीं. डोलाच्या तोंडाखाली विशेष प्रकारच्या नमुन्याचा चॉपिंग–तुकडा बहुधा बसविलेला असतो. वरच्या टोकाला बांधलेल्या दोरानें अगर तारेनें डोल व चॉपिंग–तुकडा वरखाली हलवून सूचिकेतील द्रव्य डोलामध्ये ढकललें जाते. चमच्याचें कार्य चालू असतांना वेष्टनिका खाली ठोकली जाते आणि ती जवळजवळ भरत आली म्हणजे ती दूर करून आंतील द्रव्य बाहेर काढण्यांत येते. सूचिकेंत आढळलेले बरेचसें द्रव्य नमुन्यांत उपस्थित असते. पण ते मिश्रित, अंशतः सुटें, धुतले गेलेले असे असते. अर्थात् हें द्रव्य त्याच्या मूळ अवस्थेपासून पुष्कळच भिन्न असते. कांहीं वेधन उपकरणाबरोबर यंत्र-चलित मृत्तिका-वरमाहि पुरविलेला जातो. अधिभाराचे क्षुब्ध नमुने संपादन करण्याची ही एक नेहमीची कमी खर्चाची पद्धत आहे.

वर सांगितलेली ही नेहमीची कूप वेधनाची पद्धति अवजड साधने आणि विशेष प्रकारचें चॉपिंग तुकडे वापरून तुलनेने कठीण खडकांतही वेधन करतां यावे म्हणून या पद्धतींत सुधारणा केल्या आहेत. परंतु धारावेधन व मथना–वेधन या दोन्हीं पद्धतींत कांहीं अंतरांतील वेधन-नमुनेच फक्त मिळू शकतात.

माणसानी चालवावयाच्या मृत्तिका–वरमांचा उपयोग करून उपपृष्ठ-अन्वेषण करण्याची अगदी कमी खर्चाची "इवान" व इतर प्रकारची पद्धति उपलब्ध

झाली आहे. अर्थात तींत आपणास अक्षुब्ध (undisturbed) नमुने मिळू शकतात व जर खाणींतील अन्वेषण करावयाचे असेल तर त्याकरितां असे बरेचसे नमुने उपयोगी पडतात. कांहीं जमिनीत या पद्धतीनें २० ते ४० फुटापर्यंत देखील वेधन करणें शक्य होते.

२२. अधिभारामधून परिभ्रामी वेधन.

परिभ्रामी गाभा-वेधन व हीरा-वेधन ही तत्त्वतः एकाच प्रकारची असतात. तळाशी कापता येईल असे काठिण्य आणलेले धारदार पोलादी 'बिट' वापरून घट्ट चिकणमातीतून अगर घट्ट वाळूच्या अगर रेगाच्या थरातून वेष्टनिका न वापरता कांही समन्वेषण सूचिका खोदता येतील आणि त्या द्रव्यांचे स्तंभही काढतां येतील. अगदी बारीक चिकणमाती व 'बेंटोनाइट' यांच्या बऱ्याच दाट मिश्रणाचे वेधन द्रावण बनवून ते सूचिकेत वापरले जाते. परिभ्रामी वेधन 'बिट'च्या साहाय्यानें द्रावणाचा सूचिकेच्या बाजूवर दाब दिला जातो. त्यामुळे बाजवांत पुरेशी धारकशक्ति निर्माण होते व त्या खड्या राहू शकतात–ढासळत नाहींत. या द्रावणाचे वेधक–स्तंभावरही आवरण पसरते. पण अशा स्तंभांत त्याचा शिरकाव साधारणपणे अगदी कमी होतो. वरील प्रकाराने काढलेले घट्ट वाळूच्या स्तंभाचें नमुने लेखकाने पाहिले होते. ह्यांत वेधनद्रावण $\frac{१}{१६}$ इंचापेक्षां जास्त शिरलेलें नव्हते असे त्याला दिसून आले. हीच पद्धत तेलखाणीच्या अन्वेषणांत विकास पावली. पण वर वर्णन केलेल्या द्रव्यांच्या समन्वेषणांतही तिचा यशस्वीरीत्या वापर करण्यांत आला आहे. खडकापर्यंत वेधने झाल्यावर जर हीरावेधन चालू करावयाचे असेल, तर त्यापूर्वी अभिभारांतील सूचिकेंत, प्रथम, वेष्टनिका बसवावी लागेल. कारण त्याशिवाय सूचिकेच्या बाजू कायम खड्या रहातील अशी खात्री नसते. अधिभारांतील द्रव्याच्या समन्वेषणाकरितां परिभ्रामक वेधनयंत्र वापरण्यास स्वाभाविक मर्यादा असते.

अतिशय घट्ट अशा चिकणमातीत परिभ्रामी आवेधक पुष्कळ वेळा उपयोगी पडतो. 'ट्रिनिटी' वाळूचे व ज्यांत रिक्तता ०.२१ इतकी कमी असते अशा अतिशय सूक्ष्मकण असलेल्या वाळूचे उत्तम बिनछडा नमुने टेक्सास आणि ओक्लाहोमा येथील डेनिसन धरणांच्या जागेवर मिळाले आहेत. परंतु, ही पद्धत, जाड वाळू आणि गोटे यांतील नमुने घेण्याकरितां यशस्वी होऊ शकत नाहीं.

२३. अधिभारांतील बिनछडा नमुने घेणें.

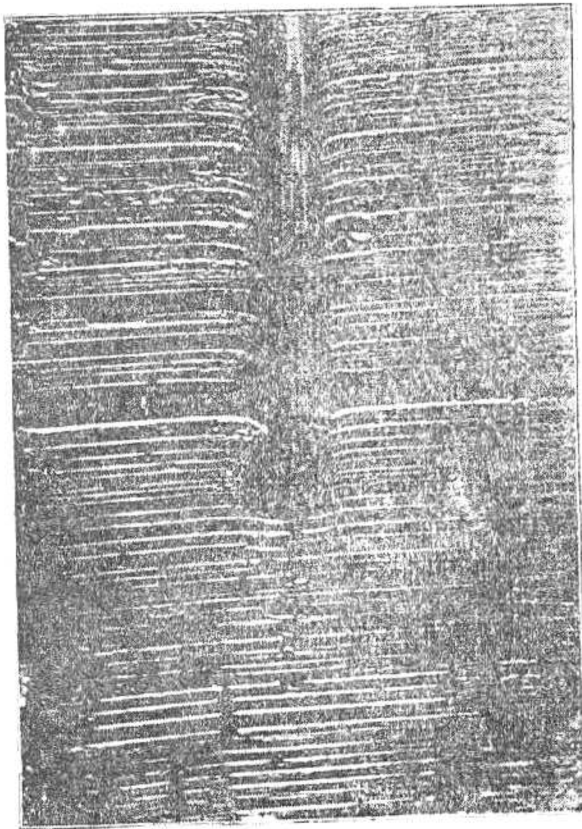
अधिभाराचे गुणधर्म, शक्ति व क्षरणगुण ठरविण्याकरितां त्यांतील द्रव्याचे बिनछडा नमुने घेणें आवश्यक असते आणि प्रयोगशाळेत त्याची परीक्षा-मालिकाच करावी लागते. चिकणमाती, रेग, व अतिशय सूक्ष्म कण असलेल्या वाळूतील बिनछडा नमुन्यांची अशी चांचणी करणें विशेष जरुरीचें असते. जाड वाळू, आणि गोटे यांचे स्थैर्य किंवा स्खलनविरोधी सामर्थ्य नेहमींच पुरेसे असते. म्हणून अशा द्रव्यांच्या बिनछडा नमुन्यांची परीक्षा करणें सामान्यतः महत्त्वाचे नसते. या द्रव्याची क्षरणक्षमता पहाण्याकरितां हें द्रव्य विक्षुब्ध होण्यापूर्वी त्याची जेवढी घनता असते तितकी घनता असलेल्या नमुन्यांची क्षरणक्षमता तपासली तरी चालते. (प्रकरण १६ पहा.)

आपणांस चांचणी करिता नमुने घेण्याचे चांचणी-गर्ता हे उत्तम साधन आहे. कारण यांतील नमुने सर्व सामान्य उपयोगाकरितां बिनछडा नमुने म्हणून वापरता येतात. अडचण एवढींच की त्या गर्ता खोल खणण्याकरितां येणारा खर्च! ५/६ फूट खोलीच्या उथळ गर्ता कमी खर्चांत घेता येतात म्हणून परीक्षा-गर्ता पद्धति वापरता येते. कारण इतर पद्धतीत येणाऱ्या खर्चाइतकाच या पद्धतीतही खर्च येतो. परंतु ६० फूट खोलीच्या एका परीक्षा-गर्तेच्या किंमतींत आपण वेधन व चालन-पद्धति वापरून अनेक बिनछडा अगर जवळ जवळ बिनछडा नमुने घेऊ शकूं.

परीक्षा-गर्तेतील बिनछडा नमुना घेण्यापूर्वी तळाशी थोडीशी जागा, काळजीपूर्वक समतल करून घेण्यांत येते. ८"×१२" आकाराच्या नमुन्याच्या गर्तेच्या चारी बाजू, नंतर काळजीपूर्वक कापून, अगर कोरून बाजूचे द्रव्य प्रथम साफ करण्यांत येते. अशा नमुन्याच्या पांची बाजूना पॅरॅफिन लावले जाते आणि त्याच वेळीं चीज क्लॉथची ३/४ वेष्टनें त्या नमुन्यावर गुंडाळण्यांत येतात. ही सर्व तयारी झाल्यावर या नमुन्यावर एक पात्र बसवून धारदार हत्याराने हा नमुना तळातून कापण्यांत येतो. नंतर त्याची खालची बाजू वर करून तिला व आतां वर आलेली मूळची खालची बाजू हिलाही पॅरॅफिन लावण्यांत येते. हे पात्र नंतर कापडांत गुंडाळून व याप्रमाणें पॅकिंग पुरे करून त्यावर चिटी लावली जाते. इतके केले म्हणजे हा नमुना प्रयोग शाळेत पाठविण्यास योग्य होतो. असा नमुना, जरुर पडली तर, चांचणी घेण्यापूर्वी पुष्कळ काळपर्यंतही सुस्थितींत राहू शकतो.

२४. चिकणमाती आणि गाळमाती यांचे चालन–नमुने घेणें.

परीक्षा–गर्तांतून बिनछडा नमुनें घेणें जरी अत्यंत खर्चाचे असते तरी तसे ते घेणें मात्र आवश्यक असते. म्हणून वेष्ठनिकेतून बिनछडा नमुने घेण्याच्या पद्धतीचा विकास करण्यांत आला आहे. डॉ. एम. जूल यांनी यासंबंधी वर्णनात्मक व आकडेवार माहिती दिली आहे.[८]



आकृति ७. मातींत नमुना-नळी घुसविल्यामुळें झालेल्या विरूपतेचे चित्र
(डॉ. एम. जूल व्हॉस्लॅव्ह यांच्या सौजन्याने)

तळटीप ८. रिसर्च एंजिनिअरिंग कमिटी फार सँप्लिंग अँड टेस्टिंग साइल, मेकॅनिक्स अँड फौंडेशन डिव्हिजन–अमेरिकन सोसायटी ऑफ सिव्हिल एंजिनिअर्स.

एंजिनिअरिंग फौंडेशनतर्फे, बिनछडा नमुने, मातींतून घेण्याची एकादी चांगली पद्धति शोधून काढण्याकरितां व त्या पद्धतीस लागणाऱ्या उपकरणांचा विकास करण्याकरितां एक विस्तृत प्रकल्प आयोजित करण्यांत आला होता. त्यांत डॉ. व्होर्स्लेव्ह यांनी भाग घेतला होता. या विषयावरील अधिक माहिती वाचकांना "कमिटी ऑन् सँप्लिंग अँण्ड टेस्टिंग, अमेरिकन सोसायटी ऑफ सिव्हिल एंजिनिअरिंग" यांच्या अहवालांत मिळेल.

इतर गोष्टी समान असतील तर बिनछडा नमुन्याचा व्यास जितका जास्त तितका त्याला खर्चहि जास्त येतो. पुष्कळशा प्रयोगशाळेतील चांचणीकरिता लागणारे नमुने लहान व्यासाचे असले तरी चालतात. म्हणून बऱ्याचशा अन्वेषणांत २ इंची नमुनायंत्रेच जास्त प्रमाणांत वापरण्यांत येतात. त्या मानाने ४$\frac{3}{4}$ इंची नमुनायंत्रे कमी प्रमाणांत वापरली जातात.

आकृति ७ व ८ वरून असे दिसून येईल कीं, चांचणी केलेले तथाकथित बिनछडा नमुने प्रत्यक्षांत पुष्कळच विक्षोभित झालेले असतात. आ. ९ मध्ये जवळजवळ बिनछडा असलेल्या नमुन्यांची कांचपट्टी (स्लाइड) दाखविली आहे.

२५. चिकणमाती आणि गाळमाती यांची नमुनायंत्रे.

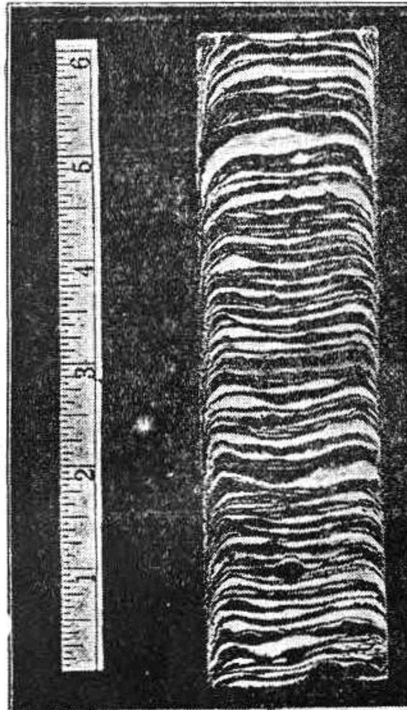
जागेच्या अभावी या ठिकाणी फक्त एका लहान नमुनायंत्राची व एका मोठ्या (४$\frac{3}{4}$") नमुनायंत्राची माहिती दिली आहे. ही दोन्हीहीं नमुनायंत्रे सूचिकेमध्ये अंतिम बिनछडा नमुन्याकरितां वापरली होती.

ही नमुनायंत्रे व त्यांना लागणारी उपसाधने म्हणजे या उपकरणांत अलिकडे केलेल्या सुधारणेचा व एंजिनिअरिंग फौंडेशनने आयोजित केलेल्या प्रकल्पांत विकसित केलेल्या पद्धतींचाच एक भाग आहे. आकृति १० ते १३ यांत दाखविलेली उपकरणें डॉ. एम्. जूल व्हॉर्स्लेव्ह यांनी "रेमंड कॉंक्रीट पाइल कंपनीचे जिल्हा मॅनेजर, एच. ए. मोहर व यू. एस. वॉटरवेज एकस्पेरिमेंट स्टेशन विक्सबर्ग मिसि. यांचे सहकार्यानें तयार केली आहेत.

२६. नमुने घेतांना मातीची खराबी होऊ न देणें.

बिनछडा नमुना घेतानां प्रथम हे लक्षांत ठेवले पाहिजे कीं, सूचिकेच्या तळालगतच्या मातीची खराबी अगर तिचे गुणधर्मांत फरक होता कामा नये

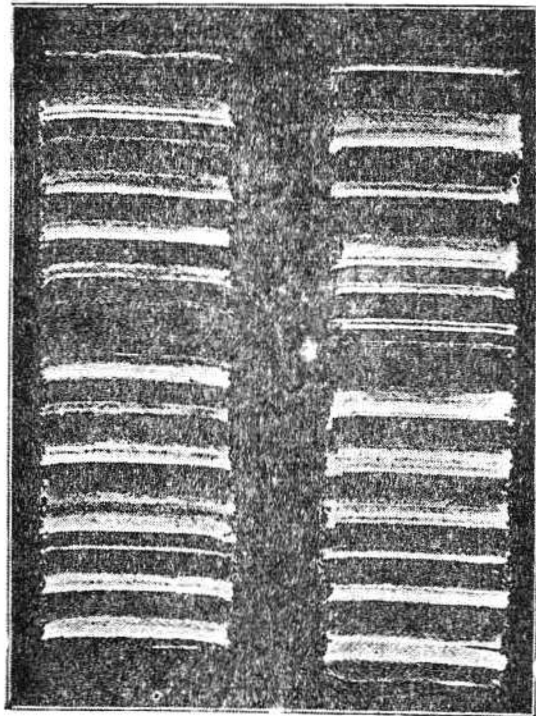
आणि भूजलाच्या पातळीवरील नमुना घेतांना वेधनछिद्र कोरडे ठेवले पाहिजे. नाहींतर माती थोडी जरी ओली झाली तरी तिच्यातील कणांत परिवर्तन होऊन त्यांचें सकृद्दर्शनी असलेलें संसंजन नाश पावते आणि नमुनायंत्र वेधन छिद्रातून बाहेर काढतांना अशा मातीचा नमुना निरुपयोगी होतो. नमुना-यंत्र बाहेर काढतांच वेष्ठनिका सूचिकेच्या नव्या तळात घुसविली पाहिजे. घट्ट चिकण मातीतील सूचिका नेहमी कोरड्या ठेवतां येतात. पण नरम अगर अल्प प्रमाणांत संसंजन असलेल्या मातीचे जर थर आढळले तर त्यांतील सूचिकांत पाणी भरणें आवश्यक असते.



आकृति ८. ठोकून अगर मधूनमधून चालन करून मिळविलेले विक्षुब्ध बिनछडा व्हार्वूड मृत्तिकेच्या नमुन्याचे चित्र (डॉ. एम. ज्यूल व्हॉर्स्लेव्ह् यांच्या सौजन्यानें)

सामान्यपणें भूजल-पातळीपर्यंत सूचिका खोल जाताक्षणींच तींत पाणी भरणेच सर्वांत बिनधोक्याचे असते. सूचिका प्रत्यक्ष फुटणें व त्यावेळीं सूचिकेच्या

छिद्रात कित्येक फूट माती साचणें ही फार गंभीर घटना समजली जाते. कारण यामुळें सूचिकेच्या तळाचे खाली अज्ञात खोलीपर्यंत ती मृत्तिका वक्षुब्ध होण्याची शक्यता निर्माण होते. अशा तऱ्हेची माती आढळल्यास सूचिका ढांसळू नये म्हणून नमुनायंत्राच्या कर्तन धारेच्या उंचीपर्यंत वेष्ठनिका नीट उतरवावी आणि त्याच वेळीं वेष्ठनिका आणि नमुनायंत्र यांच्यामधील माती बाहेर काढून टाकावी. याकरितां पाण्याचा झोत अगर बांगडीच्या आकाराच्या वरम्याचा उपयोग करावा व नंतरच नमुनायंत्र बाहेर काढावें. प्रत्यक्ष नमुना घेण्यापूर्वी जर सूचिका योग्य प्रकारें साफ केली नाही तर पुष्कळ वेळां संपादित नमुन्याच्या वरच्या भागांत अतिशय क्षोभ निर्माण होतो. सामान्यतः बेलर्स, वालुकापंप किंवा झोतनलिका यांच्या साहाय्यानें



आकृति ९. पॅकिंग करून काढलेला व्हर्वंड, मातीचा जवळजवळ विनछडा असा नमुना
(मातीत सावकाश व सतत होणारे नमुना यंत्राचे चलन.)
(डॉ. एम जूल व्हॉर्लेव्ह यांचे सौजन्याने)

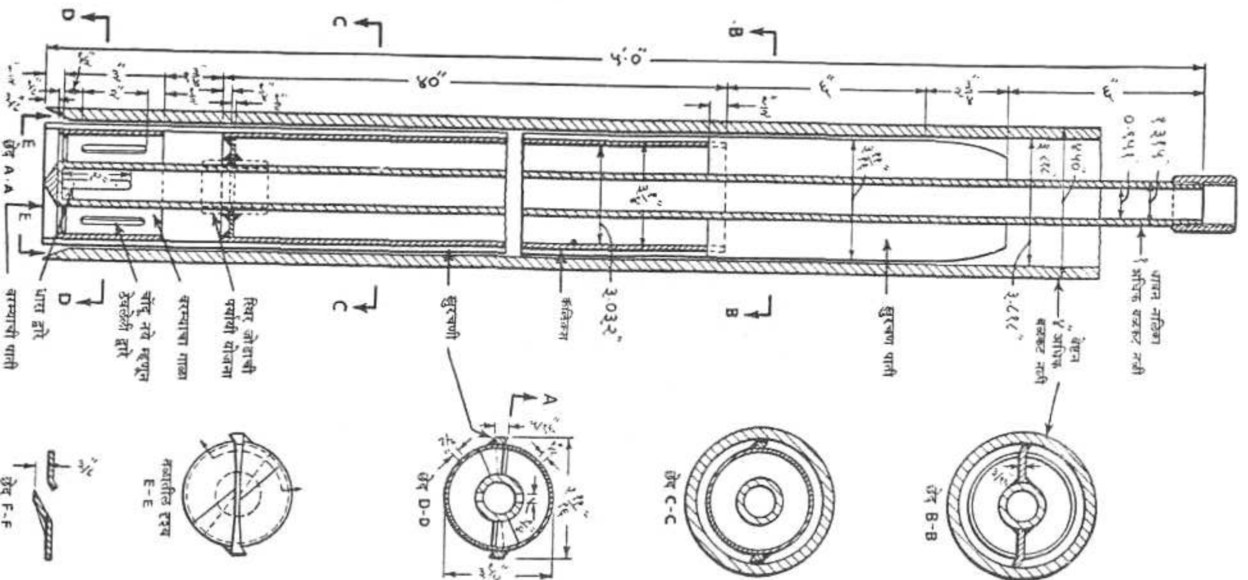
पाण्यानें भरलेल्या या सूचिका स्वच्छ केल्या जातात. पाण्याचा जोराचा झोत जर सूचिकेच्या तळाशी टाकला, तर पुष्कळ खोलीपर्यंत मातीचें अपक्षरण होण्याचा संभव असतो. आणि त्यामुळें तयार झालेल्या नाळक्याच्या आकाराचें छिद्र, पुष्कळवेळां, झोतनलिका काढतेवेळी मिश्र व जाड अशा द्रव्यांनीं भरलें जाते. हें टाळण्याकरितां झोतनलिका अशी असावी कीं, वेष्ठनिकेच्या बाजूवर झोत रोखला जावा. मात्र झोतनलिका तिच्या तळाचे खाली वापरली जाऊ नये. सामान्यपणे, वेष्ठनिकेच्या आंतल्या बाजूस चिकटलेली माती काढणें वरील उपकरणांच्या द्वारा शक्य होत नाहीं. सूचिका स्वच्छ करण्याची उपकरणें बाहेर काढण्याचें वेळीं आणि नमुनायंत्र सूचिकेंत उतरविण्याचे वेळीं पाण्यांतील तरंगत असलेले जाड मातीचे कण खाली बसतात.

२७. क्लीन–आउट वरमा व कॅलिक्स.

वरील अडचणी दूर करण्याकरितां आकृति १० मध्यें दाखविलेल्या ६ इंच वेष्टनिकेत वापरता येईल अशा ' "क्लिन आउट" वरम्याचा शोध करण्यांत आला. तसेंच २$\frac{1}{2}$" वेष्ठनिकेकरितांही वरमा उपयोगांत आणला गेला. टोपीच्या तळातील बाजूवर झोत–छिद्रे असलेल्या झोतनलिकेच्या भोंवतीं क्लीन-आउट वरमा बसविण्यांत येतो. या झोतनलिकेस पातळ पत्र्याची नळी अगर कॅलिक्स वरच्या बाजूस कल्ल्यांनी (Fins) बांधली जाते. तिच्या तळास बूच बसविलेले असते. तिच्या बाहेरच्या बाजूस धारदार असे दोन कल्ले अगर खुरचण्या बसविलेल्या असतात.

कॅलिक्सच्या तळाशी एक आखूड व जाड पत्र्याची नळी जोडण्यांत येते. त्या नळींत पाणीं आणि माती जाण्याकरितां मोठीं छिद्रे ठेवलेली असतात. तसेच तिला पेच पाडून बैठक बसविलेली असते. या बैठकीचा सर्पिल वरम्यासारखा दुहेरी उपयोग होतो. या बैठकीच्या बाजूवर अगदी अरुंद अशा खाचा पाडलेल्या असतात. त्यांचा उपयोग वेष्ठनिका आणि बैठकीचा खालचा भाग यांच्यामध्ये पाणी फिरविता यावे व तेथे गारा–निर्मिती न व्हावी व दगड माती वगैरे अडकून न रहावी म्हणून होतो.

झोतनलिका फिरविली म्हणजे बाजूच्या खुरचण्यानें सुटे केलेले द्रव्य किंवा वरम्यांच्या पातीमुळे बैठकींत ढकललेले द्रव्य, कॅलिक्स व वेष्टनिका यांच्यामध्ये वेगानें धांवणाऱ्या जलधारांनी वाहून नेले जाते. असे मातीमिश्रित पाणी कॅलिक्सच्या वरच्या बाजूमधून ज्यावेळी वाहू लागते त्यावेळीं त्याचा वेग पूर्वीच्यापेक्षा एकदम कमी, अंशमात्र होतो. यामुळे जाड मातीचे गोळे कॅलिक्समध्ये साचून रहातात व बारिक माती तेवढी बाहेर वाहून जाते.



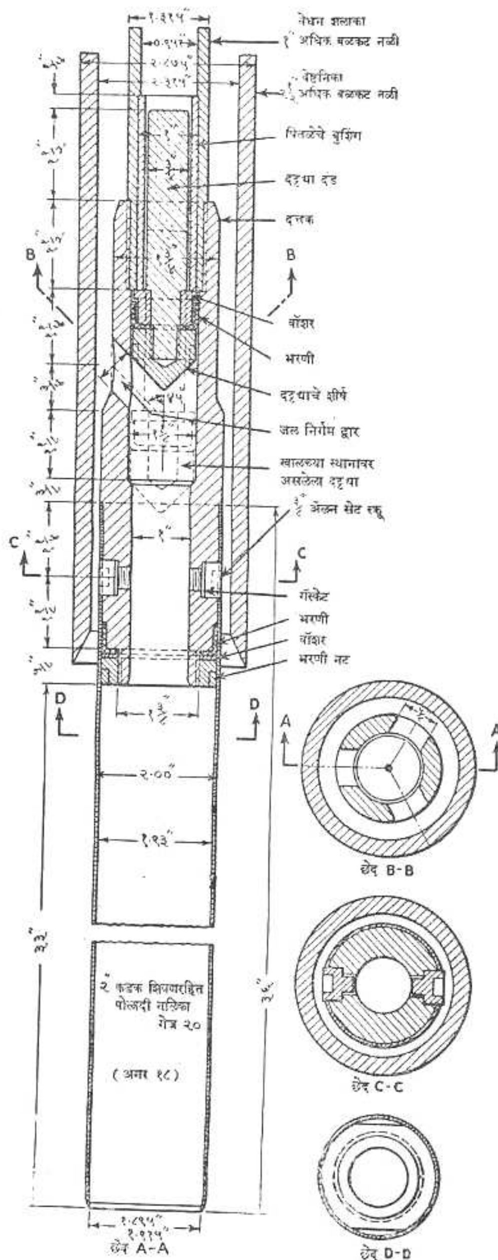
आकृति १०. कॅलिक्ससह स्रोत वरमा आणि खुरचणी. नमुने घेण्याच्या जरा आधी सूचिका छिद्रे स्वच्छ करण्याकरता जेथे सूचिकांत ६ इंची वेष्टनिका वापरण्यात आली आहे तेथील उपयोगाकरता. (व्हॉस्लॅव्ह)

बैठकींत शिरलेले व धाराजलाने वाहून न गेलेले मातीचे गोळे तेथेच रहावे म्हणून बैठकीचा तळ रबराच्या गादीने झाकून टाकलेला असतो. तो अशा-तऱ्हेने कापून बसवावा लागतो कीं, द्रव्य फक्त बैठकीमध्येच येऊ शकेल पण वरच्या पातीमधील द्वारातून बाहेर फेकले जाणार नाहीं.

२८. लहान व्यासाचे नमूना यंत्र

मोहर यांनीं, प्रथम, जी पातळ जाडीच्या बिनजोड पोलादी नळीची नमुना-यंत्रे बनविली होती त्यांत अधिक सुधारणा करून बनविलेले नमुनायंत्र आकृति क्र. ११ मध्ये दाखविलेले आहे. यांत नळीचे खालचे टोंक आतून दुमडून घेऊन "रीम" केलेले असते. त्यामुळे तेथे धारदार कर्तनक्षम कडा तयार होते. तिचा व्यास तेथील मातीच्या अवस्थेनुसार नळीच्या व्यासाच्या अर्धा ते एक टक्का कमी असतो. दोन ॲलन सेट् स्क्रूनीं ही नलिका वेधन–शलाकेस जोडलेली असते. आणि तिच्या दस्तकपालीच्या खालच्या तळाशीं चामड्याचे पेल्याच्या आकाराचे घट्ट मील बसविलेले असते. तीन धारारेखी द्वारांतून आणि ॲडॉप्टरच्या वरच्या टोकाच्या बाहेरील व्यासाचे आकुंचन करून नलिकेंत पाण्याचा अविरत प्रवाह पुरविला जातो. त्यामुळे वेगानें वेधन करीत असतांना नमुन्यावर जो तरल स्थैतिक दाब येतो तो उपेक्षणीय प्रमाणांत कमी होतो. नमुनायंत्र बाहेर काढते वेळीं त्यांत दट्टया (पिस्टन) सारख्या नियंत्रक झडपेच्या साहाय्यानें वातरहित स्थिति निर्माण केली जाते. सामान्यत: उपयोगांत आणल्या जाणाऱ्या कंदुक नियंत्रक झडपा खात्रीलायक नसतात म्हणून दट्टयासारखी नियंत्रक झडपच वापरली जाते. जेव्हां पाणी भरलेल्या वेधन–कूपात नमुनायंत्र सोडले जाते तेंव्हा तेथील तरल स्थैतिक दाबामुळे ॲडॉप्टरच्या वरच्या भागांत दट्टया (पिस्टन) ढकलला जातो. या ठिकाणीं द्वारातून येणाऱ्या पाण्याच्या प्रवाहास नमुनायंत्राचा अडथळा येत नाही.

जेव्हां नमुनायंत्र सूचिकेंत सरकविले जाते त्यावेळी वेधनशलाका एका पंपास वरच्या बाजूला जोडली जाते आणि पिस्टनवर तरल स्थैतिक दाब पाडला जातो. त्यामुळे पिस्टन आपल्या बैठकींत हळूहळू ढकलला जातो. पिस्टन आणि ॲडॉप्टर यांच्यामधील अंतर अशातऱ्हेनें जुळवून घेतले जाते कीं, पिस्टन-च्या बाजूने, पाणी फक्त वरच्या दिशेनेंच जाऊं शकेल परंतु पिस्टनमधील चामड्याच्या टोपीमुळे ते खालच्या दिशेनें जाऊ शकणार नाही. नमुनायंत्राचा पहिला भाग बाहेर काढण्यापूर्वी अगर बाहेर काढत असतांना कांही क्षण ते यंत्र फिरविले पाहिजे म्हणजे अवभूमीपासून नमूना दूर करतां येईल.



आकृति ११. पिस्टन नियंत्रक झडपयुक्त दोन इंची नलिका नमुनायंत्र (व्हास्लेंव्ह)

नमुनायंत्र बाहेर काढल्यावर सेट्स्क्रू काढून घेऊन त्यांतील निर्वात स्थिति नाहिशी करण्यांत येते. नंतर नलिका व अॅडॉप्टर दूर करणें शक्य होतें. नलिकेच्या वरील भागांतून नरम आणि विक्षोभित द्रव्य काढून घेऊन नमुना-यंत्रावरील नलिका काढून टाकण्यांत येते. नंतर टोपी पॅरॅफिननें किंवा धातूच्या तवकड्या व चिकटपट्टी यांनीं मोहरबंद करण्यांत येते. प्रयोग-शाळेत ही नलिका बारिक दात्याच्या हॅक्सॉकरवतीनें कापून तिचे साधारण ६ इंच लांबीचे लहान लहान तुकडे केले जातात. टोकाशी असलेले खरबरीत भाग खुरचणीने साफ करून हा नमुना वर घट्ट बूच अगर लाकडी बाजू असलेल्या प्लंजरनें ढकलून बाहेर काढला जातो.

२९. मोठ्या व्यासाच्या नमुनायंत्राकरितां पातळ पत्र्याच्या पोलादी नलिका.

आठ इंच व्यासापर्यंतचे मोठे बिनछडा नमुने घेण्याकरितां पातळ पत्र्याच्या पोलादी नलिका यशस्वीरीत्या वापरण्यांत आल्या आहेत. मात्र चांचणी जर ताबडतोब करावयाची नसेल तर अशा तऱ्हेच्या पोलादी नलिका वापरणें श्रेयस्कर नसते कारण त्यावर येणाऱ्या गंजानें नमुन्यांतील द्रव्यांच्या गुण-धर्मावर दुष्परिणाम होण्याची शक्यता असते. शिवाय नळीतून नमुना सुटा करण्यास आडकाठी येते. लहान व्यासांचे नमुन्यांचे बाबतींत ही बाब तित-कीशी गंभीर नसते. कारण त्या नमुन्याची चांचणी बरीच सोपी असते व ती साधारणतः ताबडतोब करण्यांत येते. मोठ्या व्यासाच्या नमुन्यांची तपासणी ताबडतोब करणें शक्य नसते म्हणून असे नमुने बिनगंजाच्या धातूच्या नलिकामध्ये जपून ठेवणें श्रेयस्कर असतें. पोलादी नलिकेऐवजी पितळी नलिका वापरता येते. परंतु अशा नलिकेचा पत्रा जाड असावा लागतो. पोलादी नलिकेतून नमुना दुसऱ्या धातूच्या भांड्यांत ठेवणेही शक्य असते. पण या जादा क्रियेमुळे नमुन्यांतील माती विस्कळित होण्याची शक्यता असते. (हे टाळण्याकरितां) सामान्यपणे जोड नमुनायंत्र वापरले जाते. त्यांत पोलादी नलिकेच्या आंतील बाजूस गंजरहित धातूचे पातळ अस्तर बसविलेले असते.

कांही विशिष्ट प्रकारच्या मातीच्या जमिनींत नमुनायंत्र गोल फिरवून मोठा नमुना वेगळा करणें जड जाते. अशा वेळीं बैठक असलेले यंत्र वापरण्यांत येते. नमुना कापता यावा म्हणून त्याच्या बैठकींत तार बसविलेली असते. यंत्रावर जाड व प्रभावी अस्तर बसविलेले असते. यामुळे त्याच्या बाजूंची परिणामकारक जाडी वाढून नमुन्यांतील माती विस्कळित होण्याची शक्यता

वाढते. स्वीडिश पिस्टन नमुनायंत्र वापरुन ही गैरसोय टाळतां येते. या प्रकारच्या यंत्रामध्ये इतरही बऱ्याच सोयी केलेल्या असतात. प्रत्येक वेळीं नमुना घेतांना पिस्टन शलाका जोडण्यांत व सुटी करण्यांत जरी जादा वेळ खर्च होतो तरी हा तोटा त्यांच्यातील इतर सोयीमुळे पुष्कळच भरुन निघतो.

३०. मोठ्या आकाराचे दट्ट्या प्रकाराचे नमुनायंत्र.

आकृति १२ मध्ये ४$\frac{3}{4}$ इंच व्यासाचे पितळेचें अस्तर असलेलें पिस्टनटाइप नमुनायंत्र दाखविले आहे. यंत्राच्या शीर्षास नळी (barrel) जोडलेली असते. त्याच्या शीर्षात पाणी बाहेर टाकण्याकरितां तीन द्वारें असतात आणि पिस्टन–शलाकाशीं अडकविण्यासाठीं दुभंगलेल्या कोनाची पाचर बसविलेली असते. नळीच्या तळाचे टोक किंचित् बाहेरच्या बाजूस वळविलेलें असते व त्यामुळे काढतां घालतां येणाऱ्या काटतलास बळकटी येते. याशिवाय भोंवतालची माती आणि नळी यांतील घर्षण कमी होण्यासही मदत होते. हा काटतल काढता घालता येतो व त्याचा व्यास अस्तराच्या आंतील व्यासापेक्षा ०.५ ते २ टक्के कमी असतो. कमी जास्त करतां येण्यासाठीं निरनिराळया व्यासाचे बरेच काटतल नेहमी हाताशीं असणें फायद्याचे असते. त्यामुळे जागेवर मातीच्या गुणधर्मानुसार अस्तर आणि काटतल यांतील अंतर आपणांस पाहिजे तसें बदलता येते. अस्तराचा व्यास आणि काटतलाचा व्यास यामधील फरकाचे अस्तराच्या टक्केवारीत परिमापन केले जाते. जर, आतील अंतर फार कमी झाले तर मातीचा नमुना विस्कळित होतो आणि ते फार जास्त असेल तर, नमुनायंत्र बाहेर काढतांना नमुनाच खराब होण्याचा संभव असतो. नळीच्या बाहेरील बाजूस आणि काटतलाच्या वर काटतारेचा एक वेढा बसेल अशी खोबण पाडलेली असते. नमुनायंत्र खाली सोडतेवेळीं काटतलावरील खोबण अस्तरानें झाकली जाते. यंत्रामध्ये शिरणाऱ्या मातीच्या योगानें अस्तर वर सरकण्याकरितां आणि काटतलावरची खोबण खुली रहाण्याकरितां अस्तराच्या वरची बाजू आणि नमुनायंत्राचे शीर्ष यामध्ये किंचित् अंतर ठेवलेलें असते.

अस्तराचे दोन भाग असतात. प्रत्यक्ष नमुनापेटी म्हणून तळातील चार फुटाचा भाग उपयोगी पडतो आणि वरच्या स्थिर भागांत पिस्टनचा वरचा भाग सामावता येतो. तसेंच नमुन्याची विस्कळित झालेली माती साठवून ठेवण्याकरितां त्या भागाचा उपयोग होतो. या वरच्या व खालच्या भागांतील जोड चिकटपट्टीनें मोहोरबंद केलेला असतो.

वेष्टनिका, ६" अधिक बळकट नळी
वेधन शलाका, २" अधिक बळकट नळी
शंकूच्या आकाराच्या पाचरीचा गाळा
रोधक जोड
रोधक वांगळी
पाचर सोडविण्याची फासळी
छेदित शंकू- ३ विभाग
शंकू पाचरीचा पावला
भरणी
कर्तन तार
नमुना यंत्राचे शीर्ष
जल निर्गम-द्वार
१½ इंच व्यासाची ३ छिद्रे
कर्तन गाळ्याची अतिकर्तन
धार उघडण्याकरिता ठेवलेल्या अंतराचा गाळा
गुल्थ डोलास वेल्ड केलेले डोलशीर्ष
वरच्या स्थानावर असलेला दट्ट्या
दट्ट्या आणि विस्थापित
गतीकरिता ठेवलेल्या
चिकट पट्टी
पोलादी नळी
दट्ट्या दंड
कर्तन तारेचा गाळा
पितळी नळी
थांबण्याचा कप
रबरी भरणी
दट्ट्या शीर्ष
कर्तन धार
झाकण्या
कर्तन तारेचा गाळा
मूठ
झाकणी
गाळा
डोल
लायनर
केंद्रीकरण
कर्तन तार
लायनरमधील जोड
कर्तन तारेचे तपशील
५.०००"
४.७५०"
४.६८०"
५.०००"
६०°
७५°

आकृति १२. ४¾ इंच व्यासाचे पिस्टन प्रकाराचे नमुनायंत्र (व्हास्लेव्ह)

कांही प्रकारच्या मातीच्या बाबतीत एकाच वेधनांत ४ फूट बिनछडा नमुने काढणें शक्य होत नाहीं. अशा वेळीं, अस्तराचा १० इंच वरचा भाग काढून त्या जागी अधिक लांबीचा भाग बसविणें आणि त्याच प्रमाणांत खालचा भाग कमी करणें उपयुक्त ठरते. बळकटीच्या दृष्टीनें, ५८ इंच लांबीच्या एकसंध अस्तराचा उपयोग करणें हे ज्यास्त श्रेयस्कर ठरते. मात्र त्यामुळे अस्तराचा वरचा भाग फुकट जातो. पिस्टन व नमुना यांमधील निर्वात–स्थिति नाहिशी व्हावी म्हणून अस्तर काढण्यापूर्वी पिस्टनचा वरचा भाग कापणे अवश्य असते.

नमुनायंत्र खाली करतांना पिस्टन व काटतल समतल असतात आणि छिद्रांतून येणाऱ्या पाण्याच्या योगानें व पिस्टनदंड आणि यंत्राच्या वरच्या टोकातील रोधकबांगडीच्या जोडाने ते समतल स्थितीत ठेवले जातात. मातीचे अवशेष आणि बाहेरील इतर द्रव्य नमुना–नळीत जाण्यास पिस्टनमुळे अटकाव होतो. वेधनाच्या तळाशी नमुनायंत्र जाताच पिस्टन–दंड आच्छादनाच्या वरच्या टोकास अडकविला जातो. आणि त्यामुळे भोंवतालच्या मातींत यंत्र घुसवितांना पिस्टन एकाच पातळीवर ठेवणें शक्य होते.

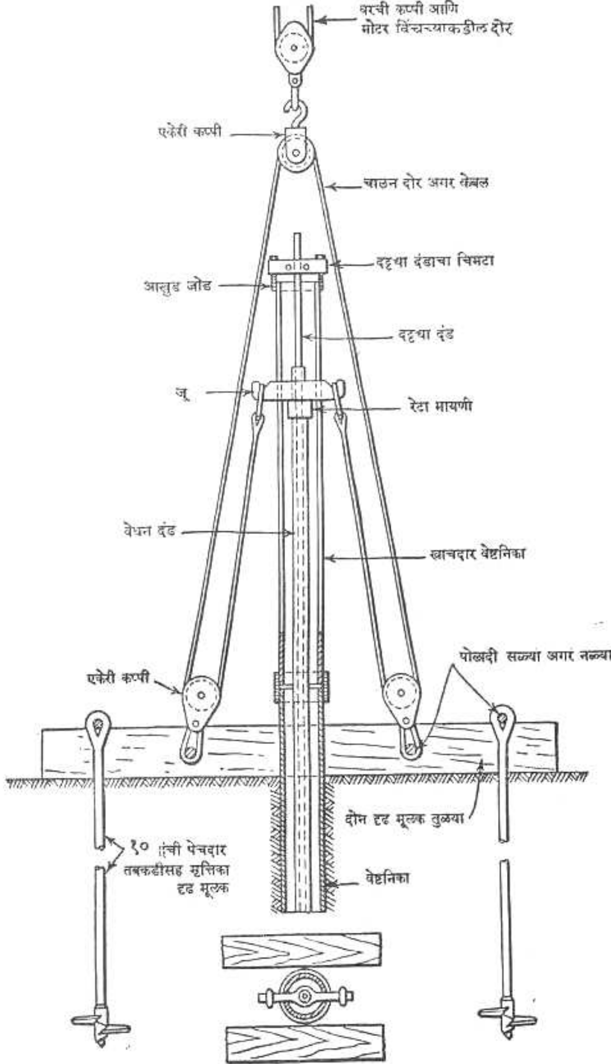
यंत्र खाली घुसवितांना प्रथमावस्थेत पिस्टनमुळे नळी व काटतल यांनी बाहेर टाकलेली अतिरिक्त माती आंत शिरण्यांस प्रतिबंध होतो. अंतिम अवस्थेत पिस्टन व नमुन्याचा पृष्ठभाग यामधील दाब कमी कमी होत जातो व शेवटी तेथे निर्द्रव स्थिति निर्माण होते. यामुळे नमुना आणि अस्तर यामधील घर्षण कमी होते. तसेच नमुनायंत्राच्या खालील मातीवरील भार आणि मातीतील विक्षोभही कमी होतो. अशातऱ्हेने एका खेपेतच जास्त लांबीचा बिनछडा नमुना काढणें शक्य होते. यंत्राच्या शीर्षातील कोनाच्या आकाराच्या पाचरीमुळे ते बाहेर काढतेवेळीं पिस्टन खाली सरकण्याची क्रिया थांबते. त्यामुळे पिस्टन दंड सुटा करणें सोपे जाते आणि नमुन्यावरील निर्वात स्थिति कायम राखण्यास मदत होते. यंत्र बाहेर काढल्यावर काटतल सुटा केला जातो आणि कोनाकृति आवरणाचे पेच थोडेसे ढिले केले जातात. त्यामुळे पाचरीवरील पकड खुली होते आणि पिस्टनच्या साहाय्यानें अस्तर बाहेर ढकलता येते.

३१. नमुनायंत्र जलद व न थांबता ढकलण्याचे महत्त्व.

नमुना आणि चांचणी घेण्यासंबंधी नेमलेल्या समितीच्या[९] अन्वेषणांत असें स्पष्ट दिसून आले आहे कीं, नमुनायंत्र जलद गतीनें व न थांबता मातींत

तळटीप ९ एंजिनिअरिंग फौंडेशनने आयोजित केलेल्या प्रकल्पासंबंधी सॉइल मेकॅनिक्स आणि फौंडेशन एंजिनिअरिंग डिव्हिजन, अमेरिकन सोसायटी ऑफ सिव्हिल एंजिनिअर्सचे अन्वेषण.

घुसविले तरच कमींत कमी विक्षोभ होऊन जास्तींत जास्त लांबीचा नमुना एकाच खेपेत काढता येतो. द्रवचलित उच्चालकाच्या साहाय्याने अशातऱ्हेचे



आकृति १३. रस्सीकप्पींच्या साहाय्याने नमुनायंत्र मातीत घुसवून मातीचा नमुना घेणे (व्हास्लेंव्ह)

नमुनायंत्र जलद व एकसारखे मातीत घुसविणें शक्य होते. अशातऱ्हेच्या उच्चालकाच्या फेराची लांबी कमींत कमीं नमुनायंत्राच्या प्रभावी लांबीइतकी असावी लागते. आकृति १३त दाखविल्याप्रमाणें रस्सीकप्पीच्या साहाय्यानेंही ही क्रिया करता येते. मातीत यंत्र घुसवितांना पिस्टन रॉड अस्तराला अडकाविण्याची योजना आकृति १३ मध्ये दाखविली आहे.

३२. नमुनायंत्राच्या उपयोगाचे वर्णन

येथें वर्णन केलेल्या नमुनायंत्राच्या बाजूंची जाडी मातींत विक्षोभ कमी व्हावा म्हणून कमी ठेवलेली असते. चिकणमाती व रेग यांच्या बाबतीत ही यंत्रे प्रामुख्यानें वापरण्यांत येतात. ती फार कठीण आणि अंशतः चिकट मातीच्या किंवा ज्यांत बऱ्याच प्रमाणांत बजरी असलेल्या द्रव्याचें बाबतीत वापरता येईल इतकी बळकट नसतात. पिस्टनच्या उपयोगाने नमुन्याच्या वर जरी निर्वात अवस्था निर्माण केली तरी अतिशय मऊ, संपृक्त अगर आसंगहीन माती यंत्रामध्यें नेहमीच राहू शकेल असे नाहीं. त्यांत पूर्ण घर्षणक्षमता प्रस्थापित करण्याकरितां यंत्र मातीत घुसविल्यानंतर बाहेर काढण्याच्या आधीं १०–१५ मिनिटें थांबणे सयुक्तिक असते. विक्षुब्ध पाण्यामुळें होणारी धूप आणि यंत्राचें खाली तरल स्थैतिक दाबातील महत्त्वपूर्ण घट टाळण्यासाठीं पाण्यानें भरलेल्या वेधनांतून नमुना–नळी अगदी हळूहळू वर काढणें इष्ट असते. या वर काढण्याच्या प्रक्रियेंत नमुन्याची लांबी जितकी जास्त असेल तितका नमुन्याचा कांही अगर संपूर्ण भाग नाहीसा होण्याचा धोका कमी असतो. कांहीं मातीच्या बाबतीत, (चांचणीच्या दृष्टीनें) त्रासदायक असणाऱ्या नमुनायंत्राच्या तळातून संदाबित वायूचा पुरवठा करण्यासाठीं किंवा अस्तर खाली उतरवितांनाच यंत्र बाहेर काढण्यापूर्वी ते अस्तर व यंत्र यामधील माती काढण्यासाठीं एखाद्या सोयीस्कर पद्धतीचा अवलंब करणे जरुरीचे असते. यामुळे जर नमुन्याचा नाश थांबविता येत नसेल तर ज्यात नमुन्यांचा गाभा सुरक्षित ठेवता येईल अशा तऱ्हेचे यंत्र वापरावे लागेल किंवा ते बाहेर काढण्यापूर्वीं नमुन्याच्या तळातील कांही भाग घट्ट करण्याकरिता Fahlquist पद्धती वापरावी लागेल.

३३. आसंगहीन द्रव्यांचे नमुने घेणे

एकादी विशिष्ट प्रकारची वाळू जर आसंगहीन असेल तर तिला किंचित् धक्का लागताच व तीवर वजन पडताच ती प्रवाहित होऊ लागेल किंवा ती बऱ्याच जास्त प्रमाणांत दबेल. अशा द्रव्यांच्या नमुन्यांची चांचणी करतांना

त्यांची रिक्तता, घनता, क्रांतिक रिक्तता आणि स्खलनविरोधी सामर्थ्य अजमावण्यासाठीं त्यांचे नैसर्गिक अवस्थेतील नमुने घेणें योग्य असते. असे नमुने घेतांना जर ती द्रव्यें भूमिजलाच्या पातळीखाली असतील तर जमिनींतील अशा आसंगहीन द्रव्यांचे नमुने घेणें फार अवघड जाते असा अनुभव आहे.

जेव्हां अतिशय बारिक, सुटी व आसंगहीन द्रव्यें भूमिजल–पातळीच्या खालीं असतात आणि त्यातल्यात्यात जेव्हां तीं फार बारिक आणि जवळजवळ एकसार (Uniform) असतात, तेंव्हा त्यांतील थोडासाही बिनछडा नमुना घेणें अत्यंत अवघड व खर्चाचें होतें. शिवाय हे नमुने खात्रीलायक नसतात आणि दुर्दैवानें अशातऱ्हेची द्रव्यें जर पाण्यांत आढळली तर स्थापत्यशास्त्रज्ञाला अनेक अडचणींना तोंड द्यावे लागतें.

अशा द्रव्यांचे बिनछडा नमुने घेण्याकरितां विविध प्रकारच्या नमुना–नलिकांचा शोध केलेला आहे. कांही वेळां अशा नलिकांत नमुना सुरक्षित रहावा म्हणून स्प्रिंगफिंगर वा अन्य प्रकारची उपकरणें वापरण्यांत येतात. इतरवेळां पिस्टनमुळें निर्माण झालेल्या चूषणाचा (Suction) या कामी उपयोग करण्यांत येतो. याशिवाय झडपांचाही अन्यत्र उपयोग करण्यांत येतो. वरील बहुतेक पद्धतींत मातीच्या दोन थरांमधील घेतलेल्या नमुन्यांत सर्वच्या सर्व द्रव्यें अंतर्भूत असतील किंवा सर्वच्या सर्व नमुना जवळजवळ बिनछडा राहील अशी खात्री देता येत नाहीं.

फोर्ट–पेक धरणांतील स्खलनाचे बाबतींत केलेल्या अन्वेषणांत नलिकापद्धतीने धरणांतील आसंगरहित द्रव्यें प्रथम गोठविली. नंतर अशा गोठवलेल्या आसंगरहित द्रव्यांतून ३० ते ३६ इंच व्यासाची, कॅलिक्स ड्रिले वापरून, बेधनें घेण्यांत आली आणि मोठ्या आकाराचे बिनछडा गाभे काढून त्यांचा अभ्यास करण्यांत आला. अशा बिनछडा नमुन्यांच्या स्तरणापासून मूल्यवान् माहिती उपलब्ध झाली आहे. आसंगहीन द्रव्याचा नमुना घेण्याची ही पद्धत जरी खर्चाची असली तरी संकल्पचित्र तयार करण्याकरितां खरी व खात्रीलायक माहिती मिळविण्याच्या दृष्टीनें विशिष्ट स्थितींत तिचा अवलंब करणें समर्थनीय ठरते.[१०]

आसंगहीन द्रव्यांतील नमुना घेण्याच्या सामान्य पद्धतीत त्या द्रव्यांत इतका क्षोभ निर्माण होतो की त्यांतील नैसर्गिक, व्यापक रिक्तता किंवा घनता

तळटीप १०. फोर्टपेक धरणाच्या वरील बाजूच्या कांही भागातील खलनासंबंधीचा कॉरपस ऑफ इंजिनिअर्स , यू. एस. आर्मी यांचा जुलै १९३९ चा अहवाल पहावा.

यासंबंधी खात्रीपूर्वक अनुमान काढता येत नाही. या अडचणीचे खाली दिलेल्या नमुना घेण्याच्या पद्धतीनें समाधानकारक निराकरण करता येते. ज्यावेळीं नमुना-नलिका उच्चालकाच्या साहाय्यानें खाली घुसविली जाते त्यावेळीं दट्ट्या स्थिर ठेवलेला असतो. आणि नमुन्याच्या वरच्या टोकाची पातळी जमिनीत निश्चित केलेली असते. तसेच गोठलेल्या मातीच्या दट्ट्याने तळातील पातळीही निश्चित केली जाते. यामुळें स्थापत्यविशारदास या दोन्हीं पातळ्यांमधील सर्व द्रव्य उपलब्ध होते.

३४. आसंगहीन द्रव्यांचे नमुने घेण्याची फॉलकिस्ट पद्धति.

वाळू आणि रेग यासारख्या सूक्ष्म अशा आसंगरहित द्रव्यांचे बिनछडा नमुने घेण्याची प्रस्तुत लेखकाना माहित असलेली सर्वोत्तम पद्धत प्राव्हिडन्स जिल्हा, युनायटेड स्टेट्स इंजिनिअरिंग खातें यांचें वरिष्ठ भूशास्त्रज्ञ फ्रॅंक-इ फॉलकिस्ट व त्यांचे सहकारी यांनीं विकसित केली आहे. या पद्धतीच्या विशिष्ट अंगाबाबत डॉ. एम. जूल व्हार्स्लेव्ह यांचा सल्ला घेण्यांत आला.

आकृती १४ व १५ मध्यें नमुना घेण्याची क्रिया आणि उपकरणांतील महत्त्वाच्या अंगांचे दिग्दर्शन केले आहे.

या योजनेंत खालील बाबींचा अंतर्भाव आहे :—

१) जागेवर नमुनायंत्र व वेष्टनिका यांच्या चालनामुळें किंवा दुसऱ्या कांही क्षोभामुळें निर्माण झालेल्या स्पंदनासारख्या संघट्टनाचे परिणाम दूर होणें.

२) बारीक बाजू असलेल्या पिस्टन-पद्धतीच्या नमुनायंत्रांत मातीचा नमुना घेण्याकरितां तें आंत घुसविण्याची क्रिया उच्चालकाच्या साहाय्याने करणें.

३) नमुनायंत्राच्या तळाशी तात्पुरत्या गोठलेल्या स्थिर मातीचा दट्ट्या तयार करणें. त्यामुळें द्रव्यांची हालचाल व नुकसानी थांबविता येते. हें उपकरण करणें इतरांच्या मानानें सोपे आहे आणि या पद्धतीच्या कारागिरीत काळजी आणि दक्षता घेण्याची तितकीशी जरुरीही नसते.

या योजनेंत वेधनाचे वर ठेवलेल्या तिवईवर अडकविलेल्या रस्सी व कप्पीच्या साहाय्यानें यंत्र एक सारखें पण जलद अशा उच्चलन क्रियेनें पुढें सरकविले जाते. जमिनीमध्यें प्रतिक्रिया-कप्प्या जखडविलेल्या असतात. आणि ज्यावेळीं

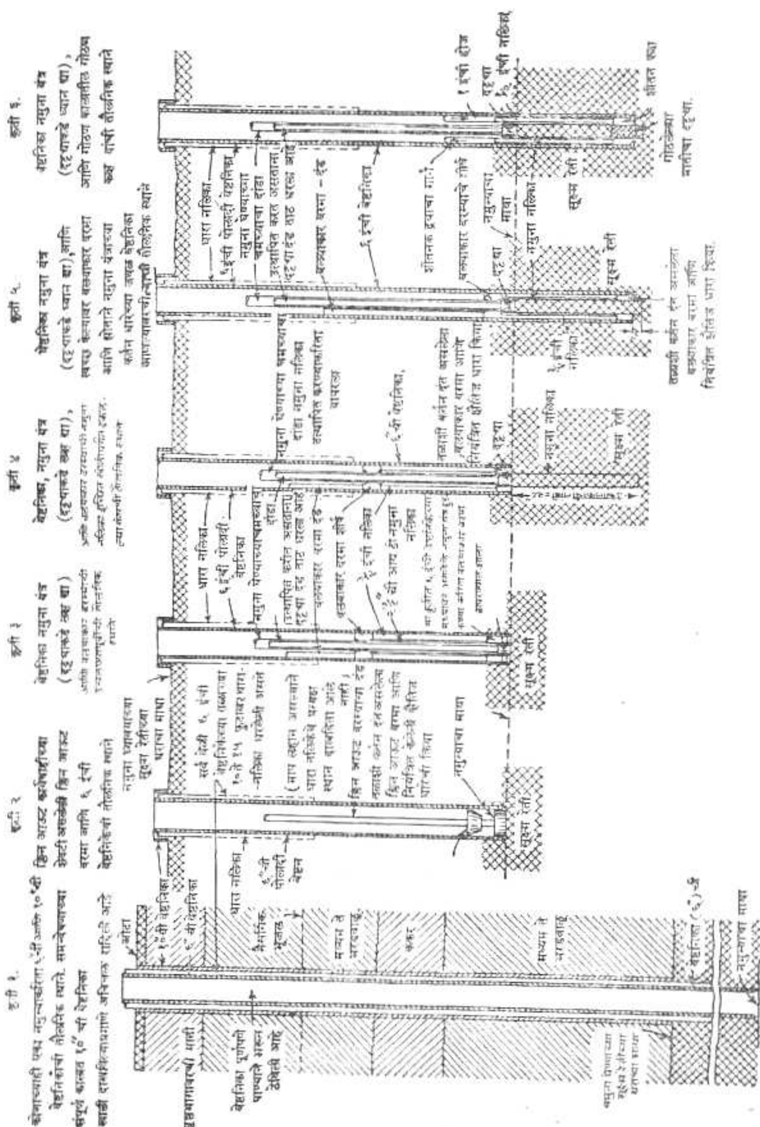
प्रपात–रेषा (Fall-line) खेचली जाते त्यावेळीं आकृति नं. १३ मध्यें दाखविल्याप्रमाणें यंत्रावर, या प्रतिक्रिया–कप्प्यांच्या साहाय्यानें खालच्या दिशेनें एकसारखा दाब दिला जातो.

३५. **फाल्किस्ट नमुनायंत्र वापरण्याची रीत.**

(अ) या पद्धतींत अधिभारांतील नमुना घ्यावयाचा नसल्याने १० इंच व्यासाचे बाहेरील आच्छादन हातानें फिरवून आंत जोरानें घुसविण्यांत येते. नंतर १० इंच आच्छादनाचे आंत ६" व्यासाचे सपाट जोड असलेले आच्छादन समकेंद्रित करून बसविले जाते. या १० इंच व ६ इंच आच्छादनामधील पोकळीमध्यें स्रोत-नलिका बसविल्या जातात. त्यांच्या साहाय्यानें सहा इंच आच्छादन मातीत घुसविण्यांत येते. या नलिका आच्छादनाच्या काटतलाच्या १० ते १५ फूट उंचीवर नेहमी बसवाव्या लागतात. हे सहा इंच आच्छादन एकाच वेळीं पाण्यानें धुतले जाते व फिरविले जाते किंवा पेचकसले जाते. जेथून नमुना घेणें सुरू करावयाचे आहे तिथपर्यंतच ही क्रिया करावयाची असते. ही कृति आकृति (१४) (१) मध्यें दाखविली आहे.

(आ) या सहा इंच आच्छादनामध्यें कांटदंत असलेला क्लीन आउट वरमा सरकविला जातो. या वरम्याची शलाका एका साध्या नळीची बनविलेली असते आणि वरम्याच्या आडव्या स्रोतास लागणारे पाणी या नळीने जोराने सोडले जाते. याचा उपयोग वरमा हाताने फिरविण्याकरिता केला जातो वरम्याच्या अगदी निकटच्या वरच्या बाजूस कॅलिक्स किंवा श्राउड जोडलेले असते. सहा इंच आच्छादनामधील सफाई करताना तरंगते मृत्कण गोळा करता येतात. यामुळें वाळू आणि मातीचे बारिक कण वेधनाच्या तळाशी साचण्यास प्रतिबंध होतो. न हून ज्या स्तरामधील नमुना घ्यावयाचा असेल त्याच्या डोक्यावर ते जमा होतील. वरमा फिरवून आणि पाण्याचा स्रोत वापरून सहा इंच आच्छादनांत सांचलेली माती, वाळू वगैरे बाहेर काढून धुण्याच्या पाण्याच्या प्रक्रियेने ती वर नेली जाते. ही साफ करण्याची क्रिया ६ इंच आच्छादनाच्या तळाशी पोहोचेपर्यंत सतत केली जाते व क्लीन आउट–वरमा नंतर बाहेर काढला जातो. आकृति १४ मधील कार्यवाही (२) पहा.

(इ) २$\frac{7}{8}$ इंच अंतर्व्यास असलेली नमुना-नलिका नंतर नमुनायंत्रा बाहेरच्या बाजूवर अंतःस्थित वरम्याला जोडून बसविली जाते. या नमुनानळीत यंत्राच्या तळाशीं पिस्टन समतल राहील असा बसविलेला असतो. ही जोडणी सहा इंच



आकृति १४. आसंगरहित द्रव्यांतील फालिकस्ट नमुनायंत्र वापरण्याच्या वेळची प्रक्रिया (यु. एस. इंजिनिअर ऑफिस प्रॉव्हिडन्स आर. आय. यांच्या सौजन्याने)

आच्छादन नळींत अगदीं बरोबर बसवून आकृति १४ त कार्यवाही ३ मध्यें दाखविल्याप्रमाणें वेधनाच्या तळाशी सोडली जाते.

(ई) आकृति १४ कार्यवाही ४ मध्यें दाखविल्याप्रमाणें सहा इंच आच्छादनाच्या तळाचे खाली २८ इंच अंतरापर्यंत पूर्वी वर्णन केलेल्या पद्धतीने जलद पण एकसारखे, उच्चालना क्रियेनें, नमुना घ्यावयाच्या स्तरात, ते ३६ इंची यंत्र घुसविले जाते, यावेळी दट्ट्या मात्र स्थिर ठेवला जातो.

आकृति १५. भूपृष्ठावर वापरण्याचे फालिकस्टचे सहाय्यक उपकरण. आसंगरहित द्रव्याचे नमुने घेण्यासाठी (यु. एस. इंजिनिअर कार्यालय प्रॉव्हिडन्स आर. आय. यांच्या सौजन्याने)

(उ) नमुनायंत्र व ६ इंच आच्छादन यामधील पोकळीतील माती काढून स्वच्छ करण्याकरिता आडव्या झोत नलिका असलेला वलयाकार बरमा आणि आच्छादन खाली सरकविण्याची क्रियाही एकाच वेळी चालू केली जाते. ही क्रिया नमुनायंत्राच्या कांटतलाचेवर दोन इंच अंतरावर सहा इंची आच्छादन पोचताच थांबविली जाते. पहा—कार्यवाही ५, आकृति १४.

(ऊ) नंतर वलयाकार बरमा, नमुना नलिका व सहा इंची आच्छादन यांच्या

मध्यें असलेल्या जागेंतून (ही जमिनीच्या पृष्ठभागापर्यंत पसरलेलीच असते) बाहेर काढण्यात येतो. नमुनायंत्राभोवती विशिष्ट जागेपर्यंत तळाशी शीतपेटी सोडली जाते. आकृति १५ मध्यें सुस्पष्ट केलेल्या पद्धतीप्रमाणें ३०° सेंटिग्रेड तपमान असलेले अल्कोहोल १५ मिनिटापर्यंत शीतपेटींत परिवाहित केले जाते. यामुळें कार्यवाही ६, आकृति १४ मध्यें दाखविल्याप्रमाणें यंत्राच्या तळाशी सात इंच लांबीचा गोठलेला दट्टचा तयार होतो. सहा इंची आच्छादन–नलिकेला शीतपेटी गोठून चिकटून बसली तर तीवर गरम पाण्याचा झोत सोडून ती सहज सुटी करता येते. गोठलेल्या दट्टचामुळें अडकून राहिलेल्या मातीसकट आंत असलेले नमुनायंत्र नंतर वेधनकूपातून बाहेर काढून एका बाकावर ठेवण्यात येते. यावेळी शीतपेटीही बाहेर काढण्यात येते. पिस्टनमधून पेच असलेले बूच काढून, नमुन्याच्या वर आणि पिस्टनच्या खाली असलेल्या जागेंतील निर्वात स्थिति नाहींशी करण्यात येते. नंतर, नमुनायंत्रामन पिस्टन व शीर्ष बाहेर काढून संपूर्ण नलिका पॅरॅफिननें मोहोरबंद करून प्रयोगशाळेत नेण्यात येते. जर चाचणीकरिता अविरत अभिलेखाची जरूर असेल तर आणखी एक नमुनानलिका वापरावी लागेल. ३ ते ६ या कार्यवाहीत दाखविल्याप्रमाणें आपणाला जी खोली पाहिजे तेथे पोहोचेपर्यंत ही क्रिया पुनःपुनः करावी लागेल.

नमुना-नलिकेतील १$\frac{3}{4}$ इंच माती बाहेर काढून प्रयोगशाळेंत तिची रिक्तता आणि संतृप्तीची टक्केवारी निश्चित करण्यात येते. अशा तऱ्हेची निश्चिती १५ ते २० वेळा केली जाते. चाचणीकरिता जो लहानसा नमुना (दर वेळीं) घेतला जातो त्याच्या लांबीवर आणि गोठलेल्या मातीच्या दट्टचाच्या आकारावर ही क्रिया अवलंबून असते. दट्टचा गोठलेल्या स्थितींत असेपर्यंत त्याचे काप काढून छायाचित्रण करून व पॅरॅफिन लावून तो पुनः पुढील संदर्भाकरिता सुरक्षित ठेवण्यात येतो.

जमिनीच्या खाली ५० फूट अगर जमिनींतील जलस्तराच्या ४५ फूट खोली पर्यंत वर वर्णिलेल्या उपकरणांच्या साहाय्यानें व वरील पद्धतीस अनुसरून बिनछडा नमुने काढण्यात यश आले आहे. अशा तऱ्हेची वेधने ५/५ फूट अंतरावर नमुने घेऊन व ५/५ वेधन-मजुरांच्या व एका निरीक्षकाच्या साहाय्याने पुरी करण्यात आली आहेत.

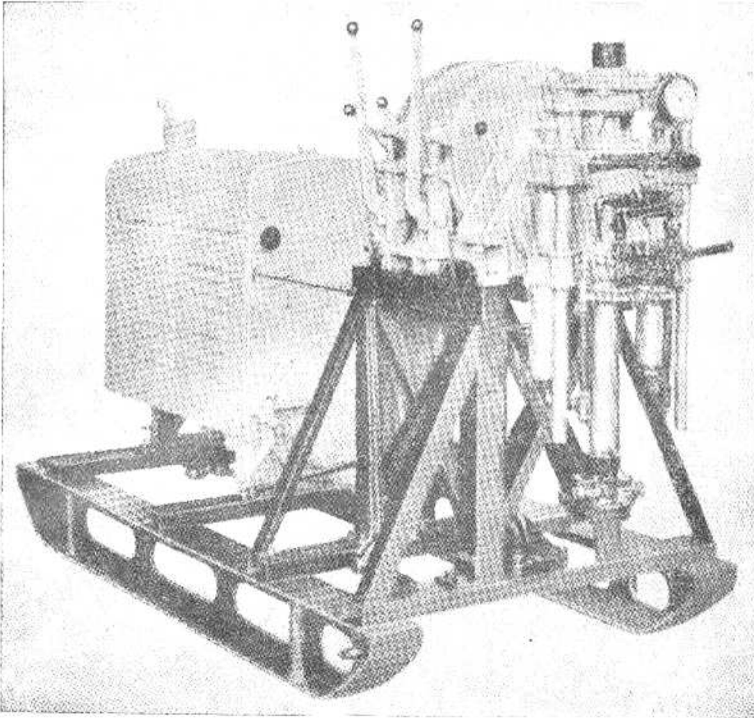
३६. हीरावेधन

पुश्तवान् (Ledge) दगडात समन्वेषणाच्या सूचिका घेण्याकरिता अत्यंत उपयुक्त उपकरण म्हणून हीरागाभा–वेधकाचा नेहमीच उपयोग करण्यात येतो. दगडाच्या थरातून वेधन करून त्यांतील गाभा काढून स्थापत्यशास्त्रज्ञ व

भू-वज्ञानिक त्याचा अभ्यास करतात. उद्देश हा कीं दगडातील पायाचे यथार्थ चित्र उभे रहावे व त्यात असलेले भ्रंश, सिवनी (Seams), पोकळ्या आणि गुणधर्मातील फरक यांची पूर्ण कल्पना यावी.

३७. हीरावेधक यंत्र

हीरावेधक यंत्र गॅसोलिन एंजिन, वाष्प एंजिन, डिझेल एंजिन, विद्युत्जनित्र किंवा वायुजनित्र यांच्या साहाय्यानें चक्राकार फिरविले जाते. वेधनशलाकावर पाहिजे तितका दाब रहाण्याकरिता वेधकयंत्राच्या माथ्यावर एक पेचिकापूरण किंवा जलपूरण बसविलेला असतो. वेधनशलाका वरखाली करण्यासाठीं एक हवीस (Hoist) ही ठेवलेला असतो व सोपें जावे म्हणून वेधनावर एक तिवई



आकृति १६. दुहेरी द्रवचलित फिरके शीर्ष असलेले हीरावेधन–यंत्र
(स्प्राग व हेनवुड)

(Tripod) नेहमी बसविलेली असते. या वेधनशलाका विशेष प्रकारच्या जाड पोलादाच्या बनविलेल्या व समतल सांधे असलेल्या असतात

कार्बन' या नांवाने साधारणपणें ओळखले जाणारे काळे हिरे अगर 'बॉर्ट्झ' या नांवाचे अशुद्ध स्फटिकमय हिरे एका पोलादी बांगडीच्या कोंदणात बसवून, (वेधनयंत्राचा) कापतळ बनविलेला असतो. या बांगडीला सामान्यतः "डायमंड बिट्" असें म्हणतात. तिच्यावर एक गाभानलिका असते. जसजसें हे बिट् दगडांत भोक पाडत जाते तसतसा त्यातील गाभा या गाभानलिकेत जमा होत जातो. या गाभानलिकेच्या तळाशी गाभा उचलून घेण्याकरिता एक ताण बसविलेली छेदयुक्त बांगडी असते. त्यामुळें वेधनशलाका, गाभानलिका आणि बिट वर उचलले जात असताना, गाभा नलिकेत अडकून रहाते. ज्यावेळी ही क्रिया चालू असते त्यावेळीं हिराबिट् थंड रहावा व वेधनशलाकेच्या बाहेरून दगडाचे तुकडे बाहेर पडावेत म्हणून वेधनशलाकेच्या आंत, पंपानें पाणी जोराने सोडले जाते. जेव्हा दुहेरी गाभानलिका वापरतात तेव्हां आतील नलिका गाभ्यावर घट्ट बसते आणि तिचे वरचे टोक बंद रहाते. यामुळे वेधनशलाकेच्या आंतील पाणी गाभानलिकेच्या आतील व बाहेरील नलिकांच्या मधील पोकळीतून वाहू लागते. कांटतलाच्या जागेजवळच्या ठिकाणाखेरीज गाभ्याच्या इतर कुठल्याही ठिकाणी या पाण्याचा संबंध येत नाहीं. जर या पाण्याचा दगडातील गाभ्याशी संबंध आला व तो दगड जर मऊ असला तर तो गाभा नाश पावतो असें अनुभवास आलें आहे.



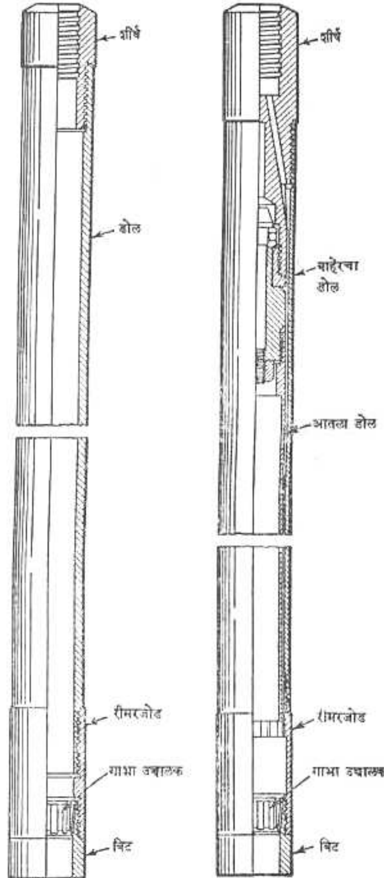
आकृति १७. कास्टसेट (बॉर्ट्झ) हीराबिट.

फक्त कठीण व अतिशय जड दगडाखेरीज इतर दगडांच्या समन्वेषणाकरिता दुहेरी गाभानलिकाच वापरणे जास्त श्रेयस्कर असते.

आकृति १६ मध्यें आधुनिक हीरायंत्र दाखविले आहे. आकृति १७त 'कास्ट सेट' हीराबिट दाखविला आहे व आकृति १८ व १९ मध्यें एकनलिका व जोडनलिका यांची गाभानलिका, हीराबिट् गाभा उचलण्याकरिता, सुसज्जित केलेली दाखविली आहे.

३८. हीराबिटची सुधारलेली क्षमता

वेधनाच्या उपकरणात व त्याला लागणाऱ्या अवजारात व प्रत्यक्ष हीराबिट-मध्येंही अलिकडे सुधारणा झालेली दिसून येते. यापूर्वी बिट्स योग्य तऱ्हेनें बसविण्याकरिता एक अगर दोन हिरे बसवणारे कारागिर जागेवर ठेवावे लागत. हिरे बसविणे ही अत्यंत कौशल्याची बाब असल्याने तिला फार खर्च येत असे. हल्ली वापरात येणाऱ्या बिटस्-मध्यें फारच लहान आकाराचे हिरे वापरले जातात; आणि बिट झिजून गेले कीं ते, बहुधा कारखान्यात पाठवून त्याजागीं दुसरे बिट बसविण्यात येते. अलिकडे जवळ जवळ ९० टक्के हीरा-वेधनात बॉर्टझ हीराबिट वापरण्यात येतात. यापैकीं जवळजवळ सर्व बिट्स व विशेषत: प्रमाणित आकाराचे बिट्स यांत्रिकी साहाय्यानें बसविलेले असतात किंवा 'कास्टसेट' असतात. पूर्वी हे हातानें बसविले जात. त्याऐवजी अलिकडे हे हिरे एका मिश्रधातूच्या संयोजिकेत बसवून या मिश्रधातूला गरम करण्याच्या प्रक्रियेंत काठिण्य आणलें जाते; आणि या काठिण्यामुळें वेधनाच्या वेळीं घर्षणासही बिट्स चांगल्याप्रकारे प्रतिकार करू शकतात. सध्यां बाजारात पुष्कळ प्रकारची कास्टसेटबॉर्टझ हीरा-बिट्स मिळतात.



आकृति १८
एकेरी नळीचा कोरबॅरल हीरा-वेधक गाभा नळ

आकृति १९
दुहेरी नळीचा कोरबॅरल हीरावेधक गाभा नळ

(स्प्रॉग व हेन वुड यांचे सौजन्याने)

३९. गाभ्याचा व वेधनाचा आकार

समन्वेषणाच्या वेधनाचे वेळीं फार

लहान आकाराचे वेधन घेण्याची, पुष्कळ वेळा, चूक होते. त्यामुळे लहान व्यासाचाच गाभा मिळू शकतो. सामान्यपणें जितका गाभ्याचा आकार मोठा, तितके त्यामधील गाभा जास्त टक्के मिळण्याची खात्री असते. नेहमीच जास्तीत जास्त माहिती कमींत कमी खर्चात मिळविणें श्रेयस्कर असते. पण असे करण्यात समन्वेषण-वेधनाचा उद्देशच, पुष्कळदा पूर्णपणें लयास जातो. सामान्यतः डबलकोर 'बॅरल' वापरावें. मानक बी-एक्सपेक्षा लहान आकाराचे बिट् वापरू नये. बी-एक्स बिटने १५/८ इंच व्यासाचा गाभा मिळू शकतो. डायमंड-कोर्-ड्रिल तयार करणाऱ्या संघानी खालील आकाराचे बिट् वापरण्याची शिफारस केली आहे.

राष्ट्रीय मानक कार्यालय
व्यापारी मानक सी. एस्. १७–४२

आकार कोर बॅरल बिट्चे नांव	डायमंड बिट बाहेरील व्यास (इंच)	वेधनाचा अंदाजी व्यास (इंच)	गाभ्याचा अंदाजी व्यास (इंच)
EXT	१ २७/६४	१ १/२	१ ५/१६
AXT	१ ५३/६४	१ ७/८	१ ५/१६
BX	२ १९/६४	२ ३/८	१ ५/८
NX	२ ५९/६४	३	२ १/८

४०. वेधनातून अचूक माहिती मिळविण्याचें महत्त्व

गाभ्याची जास्तीत जास्त प्राप्ति करून घेणें अत्यंत जरुरीचें असते. त्यामुळे अनुमानानें ठरणाऱ्या बाबींची व्याप्ति पुष्कळच कमी होते. वेधनात, सूचिकेच्या खोलीइतक्या लांबीचा गाभा जर प्राप्त झाला तर शंभर टक्के पुनःप्राप्ति झाली असे मानले जाते. पुष्कळशा खडकात योग्य पद्धतीनें, योग्य व्यास असलेलीं उपकरणें वापरून शंभर टक्के गाभ्याची प्राप्ति करून घेणें केवळ शक्य होते असेच नव्हे तर अनेक वेळा जवळजवळ ती प्रत्यक्ष मिळविलीही गेली आहे. ऐंशीं ते नव्वद टक्के पुनःप्राप्ति मिळणें ही आता नित्याचीच बाब होऊन बसली आहे. अलिकडे नुकत्याच घडलेल्या खालील उदाहरणावरून वेधनांतील माहिती अचूक घेण्याचें महत्त्व समजून येईल. एका बोगद्याकरितां हे समन्वेषण केलें होते. त्यावरून असें दिसलें कीं, तेथील खडकांत कठीण क्वॉर्टझाइट आणि मऊ व चिकणयुक्त शेल अंतस्तरित झाले होते. सर्वांत लहान व्यापारी आकाराचे EX बिट् हिरावेधनांत वापरण्यांत आले आणि त्यांतून ७/८ इंचाचा गाभा मिळाला. याकरिता सिंगलकोर बॅरल वापरले होते. याचा परिणाम असा झाला कीं,

मऊ चिकणयुक्त शेलचे पूर्णपणें पीठ झालें आणि तें वाहून गेले आणि फक्त क्वॉर्टझाइट तेवढें मिळालें. हा गाभा पेटीमध्यें ठेवताना त्याचा जो भाग उपलब्ध झाला नाही तो दाखविण्याकरिता अंतरक ठेवण्यात आले नव्हते. प्रत्यक्षात अदाजी ६५ टक्के पुनःप्राप्ति झाली. पण जवळजवळ सगळे क्वार्ट्झाइटच पुनःप्राप्त झाले होते.

मक्तेदारांना देण्याच्या संकल्पचित्रांत गाभ्याच्या पेटींतून वर दिग्दर्शित केलेली माहितीच मिळू शकली आणि त्यावरून एकसंध व भक्कम असें क्वार्टझाइट आहे असा आभास निर्माण झाला. लिलावदारांना गाभ्याच्या पेट्या आणि त्यांच्या माहितीवरून तयार केलेली मानचित्रें एवढीच माहिती उपलब्ध झाली होती. पण ही माहिती अत्यंत चुकीची होती. मक्तेदाराला दिलेल्या माहिती-प्रमाणें बोगद्यांत वजनी व बळकट खडक प्रत्यक्षांत मिळण्याचे ऐवजी अवघड अशा खडकातून बोगदा काढावा लागला; व त्याकरिता त्याला जो जादा खर्च आला तो त्याने वसूलही करून घेतला.

अशा तऱ्हेच्या समन्वेषणात चुकीची माहिती गोळा केल्याने वरील घटने-प्रमाणेंच बराच अतिरिक्त खर्च करावा लागल्याची दुसरीही अनेक उदाहरणे देता येतील. यावरून सूक्ष्मप्रकारचे समन्वेषण व त्याचें योग्य निर्वाचन यांचे महत्त्व किती आहे हे स्पष्ट दिसून येईल. भूगर्भातील परिस्थितीचे शक्य तितकें यथार्थ संपादन करण्याचे कामीं अत्यंत परिश्रम घेतले पाहिजेत कारण केवळ त्यामुळेंच स्थापत्यशास्त्रज्ञास बिनधोक आणि काटकसरीचे खात्रीलायक संकल्पचित्र तयार करणें शक्य होते.

४१. मोठ्या आकाराची वेधनें

छरावेधन-पद्धतीनें करण्यात येणाऱ्या धरणाच्या समन्वेषणाकरिता एक किंवा अनेक ३० ते ३६ इंच व्यासाची वेधनें घेण्याचा नेहमींचा शिरस्ता असतो. अशा वेधनांचा मोठा फायदा हा कीं, ज्या खडकातून ही वेधनें घेतलीं जातात त्याच्या गुणधर्माविषयीं कुठल्याही तऱ्हेच्या शंकेला जागा रहात नाहीं. हाबिसच्या साहाय्यानें "बोसन" खुर्ची अगर पाळण्यातून स्थापत्यविशारद किंवा भूवैज्ञानिक अशा वेधनसूचिकेंत उतरून तिच्या बाजूंची, इंचाइंचाची तपासणी करू शकतो आणि अशा तऱ्हेनें त्याला खडकाच्या जातींचें यथार्थ चित्रण करता येते फक्त या वेधनावर एकच आक्षेप घेता येईल की हे काम फार खर्चाचे आहे. हा खर्च साधारणपणें दर फुटास ४० ते ५० डॉलर्स येतो; आणि साध्या हिरावेधनाला

लागणाऱ्या खर्चाच्या १५ ते ४० पट जास्त असतो. पुश्तवान खडकांतील या कूपनलिकेऐवजीं ही (हीरावेधनें) समाधानकारक व काटकसरीचा पर्याय म्हणून केलीं जातात.

४२. गाभे आणि नमुन्यांची देखभाल

गाभे आणि नमुने घेणे, ते हलविणें, (पेटीत) ठेवणे या कृतीचे वेळी अत्यंत काळजी घ्यावी लागते. स्थापत्यविषयक भूविज्ञानाचे ज्ञान असलेला निरीक्षक वेधने घेण्याचे वेळी नेहमी उपस्थित असला पाहिजे आणि वेधनातील कोणतीही बारिक बाब नजरेतून न सुटेल अशी त्याने काळजी घेतली पाहिजे. एकसारख्या आकाराच्या बळकट पेट्या गाभे ठेवण्याकरिता वापरण्यात येतात. साधारणपणें चार फूट लांब आणि १२ इंच रुंद अशा पेट्या वापरण्यात येतात. हा आकार सोयीस्कर असतो. या पेटींत गाभा मावू शकेल इतक्याच रुंदीचे असे कप्पे ठेवलेले असतात आणि लागलीच त्यांत गाभे मांडून ठेवतात. स्तरातील गाभ्याची पातळी, त्याचे वर्गीकरण, आणि इतर माहिती चिकटपट्ट्यावर निरीक्षक लिहितो व त्या पेटीच्या आतल्या भागावर लागलीच चिकटवून ठेवतो. त्यामुळें मिळविलेल्या माहितीचा संपूर्ण दृश्य-अभिलेख म्हणून पेटीचा उपयोग होतो. पेटी पूर्णपणें भरताच तिच्यावर पेचकसाने झाकण बसवून, ज्या पातळीपर्यंतचे गाभे पेटीत ठेवलेले असतात त्या वेधनाच्या माहितीची चिठ्ठी नीट चिकटवून ठेवण्यात येते. या पेट्या, नंतर, स्थापत्यशास्त्रज्ञ व भूवैज्ञानिक यांच्या अंतिम तपासणीकरिता पाठविण्यात येतात. ही तपासणी झाल्यावर अशा पेट्या सुरक्षितपणें गोदामामध्यें कायमच्या ठेवण्यात येतात. काम झाल्यावर या पेट्यांचा केव्हांही नाश करण्यात येत नाही. धरण पुरें होऊन पुष्कळ वर्षे झाल्यावरही सार्वजनिक शासनाकडून केव्हां केव्हां धरणाच्या पायाच्या सुरक्षिततेबद्दल शंका घेण्यात येते. अशा वेळीं धरणाच्या मालकाला हा अत्यंत मौल्यवान पुरावा म्हणून उपयोगी पडतो.

४३. अभिलेखांची नोंद

वेधनाची कामगिरी ज्यावर सोपविलेली असते त्याला भूविज्ञानाची थोडीतरी माहिती असणें जरुरीचे असते. आणि या कामावर स्थापत्यशास्त्रज्ञाचे बारिक लक्ष असावे लागते. हे अभिलेख, संपूर्ण माहितीसह तयार करून ठेवणें आणि त्यांतून कोणतीही महत्त्वाची बाब निसटून जात नाहीं हें पहाणें अगत्याचें आहे. हीरावेधनाचे वेळीं जे पाणी वापरण्यात येते त्यातील गळती ही कधीकधीं

महत्त्वाची बाब होऊन बसते. कारण ती खडकांतील खुल्या व मोठ्या सिवणीचें अस्तित्व दाखवू शकते. वेधनावर अनुक्रमांक घालावेत आणि त्यांच्या जागा निर्देशांक पद्धतीनें ठरवून द्याव्यात. जसें—

$$\text{वेधन २२} \quad \frac{\text{न २२४५२.३}}{\text{ई १४४५१.६}}$$

पुष्कळ वेळा आकड्याला अक्षराची जोड दिल्याने त्या वेधनाचा प्रकार दर्शविता येतो. जसें, हीरावेधनाकरिता 'डी' हें अक्षर, परीक्षागर्ताकरिता "पी", कूप-वेधनाकरिता 'डब्ल्यु'. गर्ताच्या माहितीच्या अभिलेखाशिवाय निरीक्षकानें रोजचा अहवालही संपादित करावा. रोज किती वेधने घेतली, दैनंदिन प्रगति किती झाली याची व वेळोवेळी उद्भवलेली परिस्थिती व घटना याबद्दलची माहितीही त्यात समाविष्ट करावी.

४४. दाब-परीक्षा साधन

वेधन पुरें झाल्यावर, पंप व सूचिकायंत्र बाहेर काढण्यापूर्वी, पाण्याच्या दाबाखाली, सूचिकेतील खडकात खुल्या सिवनी आहेत अगर कसे आणि खडक किती अभेद्य आहे याची तपासणी करण्यात यावी. लेखकाने अनेक अन्वेक्षणांचे वेळीं, अशा प्रकारची उपयोगांत आणलेली दाब-परीक्षा साधने पाहिली आहेत. या उपकरणात, एका मोठ्या नलिकेंत लहान नलिका बसविलेली असते. आकृति २० मध्यें दिलेली मापें २ इंच व्यासाच्या वेधनसूचिकेला उपयुक्त होतात. दोन इंचापेक्षा सूचिकेचा व्यास जर जास्त असेल तर रबरी वॉशर आणि लगतच्या पोलादी वॉशरचा आकार फक्त बदलावा लागतो. ¾ इंच नलिकेच्या तळाशी आतून आणि बाहेरून पेच पाडलेले असतात आणि त्याला एक बूच आणि युग्मन बसविलेली असतात. बुचामुळें सूचिकेंत खालून पाणी येऊ शकत नाहीं. युग्मनावर एक पोलादी वॉशर बसविलेला असतो आणि त्याचेवर अनेक रबर वॉशर असलेले सील तळात बसविलेले असते. हे रबर-वॉशर मोटारीच्या टायरच्या आंतील ट्यूबला जे रबर वापरतात त्याचे केलेले असतात. फक्त त्याला शक्य असल्यास जास्त जाडीचे रबर वापरण्यात येते, त्याच्यामागे आणखी एक पोलादी वॉशर बसविलेला असतो आणि नंतर त्यावर १२ इंच लांबीचा, भोकें असलेला, एक इंच व्यासाचा तुकडा बसविलेला असतो. आंतील ¾ इंच नळीलाही भोके पाडलेली असतात. नळाला, खालच्या सीलच्या सारखेच वरही सील बसविलेले असते.

वर दाखविलेली नळ्यांची लांबी आणि मांडणी या कामाला आणि नळीची लांबी वाढविण्याला फार सोयीची असते असें आढळून आलें आहे. नळीला बसविलेल्या ताल्याच्या वॉशरकडे (Locking washer) विशेष लक्ष द्यावें लागते. कारण, या लॉकवॉशरच्या तरतुदीमुळें, ३/४ इंच नलिका, तुकडे जोडताना किंवा काढताना सूचिकेत पडत नाहीं. एवढेंच नव्हे तर हें उपकरण, सूचिकेत वरखाली करताना बाहेरच्या आच्छादनावर भार पडतो. जर हा लॉकवॉशर वापरला नाही तर बाहेरच्या आच्छादनाचा संपूर्ण भार शेवटच्या युग्मनामुळे ३/४ इंच नलिकेवर पडतो. आणि त्यामुळें वरचे आणि खालचे सीलचे रबरवॉशर ताणले जातात. हा ताण खोल सूचिकांत इतका वाढतो कीं हें उपकरण वरखाली हलविणें जवळजवळ अशक्य होते.

४५. दाब-परीक्षा साधन वापरण्याची पद्धति

आकृतींत दाखविल्याप्रमाणें ३/४ इंच नळीला वरच्या बाजूला एक जलदाबमापक बसविलेला असतो. हातपंप किंवा जोरपंप यांच्या सहाय्यानें पाण्याचा पुरवठा केला जातो. नळीला एक साधा पाण्याचा मीटर बसवितात. निरनिराळ्या सिवनी किती घनफूट पाणी घेतात याची आणि पाण्याचा दाब व काल याची नोंद करून ठेवतात. छिद्राच्या संपूर्ण लांबीचाच शोध घेणें जरूरीचें असते. या क्रियेस तळातून आरंभ होतो; उपकरणाच्या वरील बाजूच नट आवळण्यात येतो व त्यामुळे रबराचे वॉशर ताणले जाऊन एक प्रकारचे सीलच निर्माण होते. नंतर पाण्याचा दाब २५ पौंड करण्यांत येतो सीलची उंची, पाण्याचा दाब आणि ५ मिनिटांच्या अवधींत किती घनफूट पाणी घेतलें याबद्दलची नोंद घेतली जाते. नंतर, याच सर्व गोष्टींची, पाण्याचा दाब १ चौ. इंचास ५० पौंड करून, पुनरावृत्ति करण्यात येते. नंतर सील सैल करण्यांत येते. उपकरण एक फूट वर चढवितात आणि पुनः त्याच क्रिया केल्या जातात. याप्रमाणें छिद्राच्या तोंडाशी येईपर्यंत हे कार्य चालते. कांहीं वेळां छिद्राची ही तपासणी संक्षिप्तपणेही करता येते. प्रथम वरच्या तोंडाची तपासणी करावी. त्यासाठी ३/४ इंच नळीच्या तळातून बूच काढून घ्यावे. त्यायोगें संपूर्ण छिद्राची एकाच खेपेंत तपासणी होऊ शकेल. जवळजवळ गळती नाहींच असे यावेळीं आढळून आले तर छिद्राची वर लिहिल्याप्रमाणें फुटाफुटावर तपासणी करणें अनावश्यक ठरेल. छिद्राच्या आलेखावर या निष्कर्षाची नोंद व्हावी. त्यांत निश्चित स्थान, उंची व सर्व उघड्या सिवनींची आधेयता दर्शविली जावी. सर्वात मऊ सँडस्टोनपासून मायकाशिस्ट, ट्रॅप व ग्रॅनाइट यांपर्यंतच्या विविध

रचनेच्या खडकाच्या पायांचे नमुने तपासतांना जो भरपूर अनुभव आला त्या-नंतरच हीं उपकरणाची कल्पना सुचली. जी जी परिस्थिती आढळण्याची शक्यता आहे त्या त्या परिस्थितीला हाताळण्यासाठी हें उपकरण उपयुक्त ठरेल असा विश्वास वाटतो. (अर्थातच) खडकाचा थरच ज्यामुळें विस्कटेल इतका दबाव न आणण्याची दक्षता मात्र घेतली पाहिजे.

४६. वेधनछिद्रांची पारदर्शीय व स्पर्शक तपासणी

सहा इंची अगर जास्त व्यासाच्या वेधनछिद्रांच्या बाबतीत, दूरदर्शिकेच्या साहाय्यानें, वेधनछिद्राच्या बाजू वरुन प्रत्यक्षपणें तपासणें शक्य आहे. त्यासाठीं छिद्रामध्यें सोडलेल्या नळीत, टोकाला एक विद्युत्दीप व आरसा बसवावा. यालाच एक चलच्छायाचित्रयंत्र जोडलें की छिद्रांच्या बाजूंची एक छायाचित्र-मालिकाच मिळणें सुलभ होईल.[११]

नॉरिस धरणावर वेधनें घेण्यासाठीं व अभिलेखासाठीं स्पर्शकांचाही उपयोग केला होता. उपकरणाचे दोनीहीं बाहू छिद्रांच्या भिंतीवरुन सरकवीत नेले. वाटेत सिवनी येताच बाहू उघड्या जागीं येत. वर पृष्ठभागावर एक विद्युद्दीप प्रकाशित होई. मग तारेच्या (केबलच्या) पुढील हालचालींनीं ते बाहू पुनः मार्गक्रमण करु लागत.[१२]

४७. द्रव्यांची उपयुक्तता ठरविण्याची ढोबळ पद्धति

धरणाच्या जागेच्या अन्वेषणाचे संबंधांत तसेच संकल्पचित्र तयार करतांना व बांधकाम प्रत्यक्ष सुरु करतांना द्रव्यांच्या इष्ट असलेल्या परीक्षणांची चर्चा १६ व्या प्रकरणात केली आहे. परंतु, धरणाच्या संभाव्य जागेच्या पूर्व पहाणीचे वेळीं सुसज्जित प्रयोगशाळेची सुविधा, पुष्कळ वेळा, सहजासहजी उपलब्ध होत नाहीं. धरणाच्या जागेचे व तेथें मिळणाऱ्या द्रव्यांचे व खाणीचे बारकाईनें परीक्षण करण्यापूर्वी निरास पद्धतीनें त्यांतल्या त्यात खात्रीलायक जागा निवडणें अगत्याचे असते. निरीक्षणानें व अगदी सोप्या व स्थूल चांचणीने कॉंक्रीटचे, मातीचे, वाहस्थापित अगर अश्मस्थापित धरण बांधण्यासाठीं तेथील द्रव्यें योग्य आहेत अगर कसे याबद्दल सन्निकट व साधारण पहाणी करणें उपयुक्त ठरते.

तळटीप ११. "नॉरिस धरणाच्याखाली गाराभराई केलेली हजारों छिद्रें" इंग्लीश न्यूज रेकार्ड नोव्हें. २१, १९३५. पान ६००.

१२. "धरणाच्या पायांत गाराभराई करण्याला साहाय्य करण्यासाठी विकसित झालेल्या अद्वितीय युक्त्या.' न्यू' इंग्लीश-न्यूज रेकार्ड ८ आ. १९३५. पान १९९

धरणाच्या जागेवर अगर जवळपास, पुश्तवान्, उघडाबोडका व कठीण खडक आढळला आणि हातोडीनें सहजासहजी त्याचा चुरा होत नाहीं असे दिसले आणि तो सहजासहजी झिजून गेल्याची चिन्हें जर दिसली नाहींत आणि तेथें, जागेवर झिरपण्याची निशाणी दिसली नाहीं तर तेथील परिस्थिती धरणाच्या पायास उपयुक्त आहे असें मानण्यास हरकत नाहीं. मग तेथील जागेचें तपशील-वार अन्वेषण व परीक्षण करणें समर्थनीय ठरेल.

काँक्रीटच्या धरणाला लागणाऱ्या अगर अश्मपटलाला उपयोगी पडणाऱ्या दग-डांच्या खाणींच्या पहाणीचे वेळीं जर आपणाला कठीण व घट्ट दगडाची कडा उघडी पडलेली आढळून आली, हातोडीने आघात केल्यावर तिचे बारिक बारिक पदर निघत नाहींत असें दिसून आले आणि तेथील दगड लवकर झिजत असल्याची चिन्हें आढळली नाहीत तर तो खडक काँक्रीट आणि अश्मपटलाला उपयुक्त होईल असें मानावयास हरकत नाहीं. आणि प्रकरण १६ मध्यें केलेल्या चर्चे-नुरूप अधिक अन्वेषण व चांचणी करण्यास हरकत नाही.

जर तेथील वाळू आणि रेग सुसंस्तरित आणि बव्हंशी क्वार्ट्झ अगर कठीण अशा आग्नेय किंवा कायांतरित दगडापासून बनलेली आढळून आली तर ती काँक्रीटमध्यें मिलावा म्हणून वापरण्यास बहुधा उपयुक्त ठरतात. ती स्वच्छ नसल्यास धुवून साफ करता येतात. तेथील चर्ट किंवा अनाकार स्फटिक जर कठीण असेल तर तेही वापरण्यास हरकत नसते.

फार सूक्ष्म कण नसलेली वाळू व रेग, मातीच्या धरणाच्या बांधकामाच्या पूर्वभागांत वापरण्यास उपयोगी पडतात.

जर अशी वाळू अगर रेग पाण्यानें भरलेल्या बादलीत टाकून हलविली आणि ते पाणी फार गढूळ झाले तर ते काँक्रीटमध्यें मिलावा म्हणून वापरण्यापूर्वी धुवून घेतले पाहिजे.

मातीच्या धरणाच्या अभेद्य भागात वापरण्यात येणारी, खाणीतून काढलेली, आसंगीन माती हातात घेतली आणि चांगली चोळून, साध्या पेन्सिलीच्या व्यासाच्या आकाराच्या तिच्या लोळचा केल्या आणि त्यावेळीं जर त्या किंचित् विशीर्ण होऊ लागल्या आहेत असें दिसले तर अशा मातींत असलेला ओलावा, ती माती योग्य उपकरणांचे साहाय्यानें सुसंहित करण्याचे वेळीं अडथळा आणील इतका जास्त नाहीं असें समजावे. मातीच्या नम्यतासीमेची चांचणी करण्याची

ही एक स्थूल पद्धति आहे. (पहा प्रकरण १६.) जर मातींत पुरेसा ओलावा नसेल तर आणखी पाणी घालणें हें नेहमीच सोपे असते. परंतु ते पाणी अतिशय जास्त झाले तर ते धोकादायक ठरते. जर अशा मातींत वाळू आणि रेग असली व पुरेशा प्रमाणांत चिकटपणा येण्यासाठी चिकणमाती किंवा दगडाचे पीठही असले आणि ती हाताने मळून तिला बशीचा आकार दिला व तींत बराच वेळ पाणी राहू शकले तर मातीच्या धरणांतील अभेद्य भागाकरिता ती उपयोगी पडेल असे मानता येते.

वाळू व रेगमिश्रित अशा मातीच्या सूक्ष्म कणात फार प्रमाणांत जर 'कलील' द्रव्य नसेल तर अशा प्रकारची बहुतेक सर्व माती वाहस्थापित धरणात वापरण्या-करिता उपयोगी पडते. (पहा अनुच्छेद ३, प्रकरण १६.)

अशा मातीची अंदाजी द्रवप्रेरकता ठरविण्याकरिता वर निर्दिष्ट केलेले सूक्ष्म कण असलेली थोडीशी माती घ्यावी; आणि २२०° फॅरन्हीट उष्णतामानापर्यंत ती तापवून कोरडी करावी. नंतर ही दामटी झालेली माती बोटानी चुरडून तिची पूड करावी आणि तिचा कांही भाग एक इंच ऊंची पर्यंत अनेक कोरड्या चांचणी-नलिकांत सोडावा. नळीला बोटाने ठोके मारावेत व ती बोटाने हलवावी. आंतील माती नळींत आणखी खाली बसत नाही असे झाले म्हणजे तिच्याभोंवती चिकटपट्टी लावून खूणचिठ्ठी बसवावी. नंतर ती चाचणी-नलिका सुमारे $\frac{२}{३}$ पाण्यानें भरावी; मग तिचे तोंड आंगठ्याने बंद करून त्यांतील मृत्कण तरंगत रहातील इतकी हालवून उभी करून ठेवावी व तिची वरचेवर पहाणी करावी. चोवीस तासानंतर एका विशिष्ट बिंदूपर्यंत, पाण्यांत, ती सांचून राहिली व त्या साचलेल्या मातीचें घनफळ, (चिकट पट्टीनें दर्शविलेल्या) कोरड्या मातीच्या घनफळाच्या दीडपटीहून जास्त नसलें तर ती माती वाहस्थापित धरणाच्या आंतील गाभ्याच्या (Core) द्रवप्रेरणेकरितां संपूर्णपणें उपयुक्त आहे असे समजावे. उलटपक्षी, जर असें दिसून आलें कीं ती माती कोरड्या अवस्थेतील आयतनाच्या (Volume) $२\frac{१}{२}$ ते $३\frac{१}{२}$ पट वाढली, तर वाहस्थापित किंवा अर्धवाहस्थापित धरणांतील गाभ्यातही वापरल्यास ती बहुतेक फुगून जाईल. म्हणून हे द्रव्य गाभ्यात मोठ्या प्रमाणांत वापरता येणार नाहीं किंवा जर तें वापरणेंच जरूर असेल तर त्यातील सूक्ष्मकण निघून जातील अशी कांहीं तरी योजना करावी लागेल. वरील प्रमाणात फुगणाऱ्या मातींत कोलाइड्सचें प्रमाण जास्त असते व हें द्रव्य फारच कमी संकोच पावलेलें असतें असें बरेच आठवडे सतत केलेल्या निरीक्षणावरून आढळून आले.

अशा मातींची उपयुक्तता गुणात्मकरीत्या ठरविण्याकरिता, शक्तिमान् अशा जमिनीवर वापरण्यात येणाऱ्या सूक्ष्मदर्शी यंत्राचा उपयोग होतो. २०० अगर त्यापेक्षा जास्त पट आवर्धनशक्ति असलेली सूक्ष्मदर्शी यंत्रे हल्ली उपलब्ध आहेत. एका लहान पेटींत तीं घडी करून ठेवता येतात आणि खिशांतून सहजपणें नेता येतात. खडकाचा ०.००५ मि. मी. व्यासाचा कण २०० पट मोठ्या अशा एखाद्या गोट्याएवढा दिसू लागतो. या आवर्धनानें ते कण चिकट असल्यासारखे भासतात आणि त्यांना निश्चित असा स्फटिकाकार नसतो. कारण ते कण मोठ्या प्रमाणांत कोलायडल असण्याचा संभव असतो आणि त्यांचा व्यास ०.००२ मि. मी. पेक्षा कमी असतो.

वरीलप्रमाणें ठोकळपणें केलेल्या जागेवरील चाचणीनें आणि निरीक्षणानें अनुभवी स्थापत्यशास्त्रज्ञ, साधारणपणें उपलब्ध अशा (माती वगैरे) द्रव्यांची उपयुक्तता निश्चित करतो. (धरणाला लागणारी) माती मुरुम वगैरे द्रव्ये आणि जागा यांची संकीर्णपणें निवड होताच, प्रकरण १६ त उहापोह केलेल्या पद्धतीनें प्रयोगशाळेंत मोठ्या प्रमाणावर त्यांची चांचणी करण्यात येते.

४८. संदर्भग्रंथांची यादी

वॉरेन जे. मीड, "इंजनिअरिंग जिऑलजी फॉर डॅम साईट्स", सेकंड काँग्रेस ऑन लार्ज डॅम्स वॉशिंग्टन डी. सी. १९३६.

आर्यविंग बी क्रॉस्बी, "इंजनिअरिंग जिऑलजी प्रॉब्लेम्स ॲट कॉंचास डॅम, न्यू मेक्सिको", ट्रॅन्स. अमे. सो. सि. इं. खंड १०५, १९४०, पान ५८५.

आर. एफ् लिग्गेट, "जिऑलजी ॲंड सिव्हिल इंजनिअरिंग", इं. इ. मॉंट्रिअल शाखा कॅनडा येथे सादर केलेला प्रबंध, जानेवारी १८, १९३४.

मॉरिस आणि पिअर्स, "ए कॉंक्रीट ग्रॅव्हिटी डॅम फॉर ए फॉल्टेड माऊंटन एरिआ", इं. न्यूज रेकॉर्ड, डिसेंबर २७, १९३४, पान ८२३.

आय. इ. हाऊक, "न्यू. डिझाईन फीचर्स इन वुडलवुड डायव्हर्शन डॅम", इं. न्यू. रेकॉर्ड, ऑक्टोबर २७, १९२७, पान ६६०.

"यूनीक डिव्हाइस डेव्हलप्ड टु एड डॅम फाउंडेशन ग्राउटिंग", इं. न्यू. रेकॉर्ड, ऑगस्ट ८, १९३५, पान १९१.

"थाऊजंड्स ऑफ होल्स ग्राउटेड अंडर नॉरिस डॅम", इ. न्यू. रेकॉर्ड, नोव्हेंबर २१, १९३५, पान ६९९.

ई. आर. शेपर्ड, "सर्चिंग फॉर फाउंडेशन बेड्स बाय इलेक्ट्रिसिटी ॲंड साउंड", इं. न्यू. रेकॉर्ड, ऑगस्ट १५, १९३५, पान २२८.

ई. आर. शेपर्ड, "दि सीस्मिक मेथड ऑफ एक्स्प्लोरेशन ॲप्लाइड टू कन्स्ट्रक्शन प्रॉजेक्टस", मिलिटरी इंजनिअरिंग, सप्टेंबर-ऑक्टोबर १९३९, पान ३७०.

ए. टी. पार्सन्स, "जिओफिजिकल फाउंडेशन स्टडी बाय एक्स्प्लोजन वेव्ह मेथड", इं. न्यू. रेकॉर्ड, फेब्रुवारी १४, १९२९, पान २७३.

ए. टी. पार्सन्स, "दि प्रेझेंट स्टेटस ऑफ दी आर्ट ऑफ ऑब्टेनिंग अन्डिस्टर्ब्ड सॅंपल्स ऑफ सॉईल्स", रिपोर्ट ऑफ कमिटी ऑन सॅंप्लिंग अँड टेस्टिंग, सॉइल मेकॅनिक्स अँड फाउंडेशन डिव्हिजन, अमे. से. सि. इं. इंजनिअरिंग फाऊंडेशन, न्यूयॉर्क, मार्च १९४०.

जे. सी. स्टिव्हन्स, "दि सिल्ट प्रॉब्लेम", ट्रॅन्स. अमे. सो. सि. इं. खंड १०१, १९३६, पान २०७.

आर. जी. हेंफिल, "सिल्टिंग अँड लाईफ ऑफ साऊथ वेस्टर्न रेझरव्हॉयर्स", ट्रॅन्स. अमे. सो. सि. इं. खंड ९५, १९३१, पान १०६०.

प्रकरण २ रे

धरणांच्या प्रकारांची निवड

१. सामान्य विचार

आतापर्यंत जे बंधारे बांधण्यात अले आहेत त्यांचे निरनिराळे प्रकार कोणते आहेत, ते कोणत्या परिस्थितींत वापरणें योग्य होते, कोणत्या महत्त्वाच्या बाबी-वर बंधाऱ्याच्या जागेची निवड अवलंबून असते यासंबंधी या प्रकरणात थोडक्यात विवेचन करण्याचा उद्देश आहे. तथापि पुढील प्रकरणातून चर्चिलेल्या निर-निराळ्या प्रकारांच्या बंधाऱ्यांच्या बाबतींत लागणाऱ्या माहितीचे अत्यंत सखोल ज्ञान असणें अर्थातच आवश्यक आहे.

धरणांचे सामान्य प्रकार थोडक्यात खाली दिले आहेत :—

भरीव भाराश्रित कॉंक्रीट बंधारा. (१)
पोकळ भाराश्रित बंधारा.
(कमानदार) कॉंक्रीटचा बंधारा.
मातीचे व दगडाचे बांध.
पोलादी बांध.
इतर प्रकार.

विविक्षित जागेवर कोणत्या प्रकारचा बंधारा बांधणें योग्य होईल आणि त्याचा उपयोग कसा होईल यासंबंधी अनुभवी स्थापत्यशास्त्रज्ञात पुष्कळ मत-भिन्नता आढळते. बऱ्याच वेळा ही निवड प्रामुख्याने स्थापत्यशास्त्रज्ञाचे तारतम्य आणि अनुभव यावर अवलंबून असते. तथापि त्याला बंधाऱ्याचा प्रकार ठर-वितांना जागेवरील परिस्थिती आणि त्याला लागणाऱ्या आवश्यक बाबींच्या बुद्धिपूर्वक केलेल्या अभ्यासाची महत्त्वाची मदत होते.

या कामीं बंधाऱ्याच्या सुरक्षिततेला अर्थातच प्राधान्य दिले पाहिजे. कांहीं जागी पायांतील परिस्थिती व इतर बाबीं अशा असतात कीं त्या ठिकाणी कांही

तळटीप १. या देशांत भरीव भाराश्रित धरणाचे दुसरे प्रकार आता जवळ जवळ लुप्त झाले आहेत. याकरिताहि संकल्पचित्राची तत्वे एकच असतात.

प्रकारांचे बंधारे सुरक्षित रहातील असे बांधताच येणार नाहींत. ही गोष्ट लक्षांत आल्यावर असे दिसून येईल कीं निवडण्यास योग्य अशा बंधाऱ्यांच्या प्रकारांची संख्या पुष्कळच कमी असते.

बांधकामाला लागणारा माल आणि तो मिळण्याची शक्यता व जागेवरील इतर वैशिष्ट्यें यांवर धरणाचा प्राथमिक खर्च अवलंबून असतो. म्हणून प्राथमिक खर्चाचा आगाऊ अंदाज करणें ही आणखीं एक महत्त्वाची बाब ठरते.

बांधकामाला किती निधि उपलब्ध होईल यावर धरणाच्या प्रकाराची निवड मर्यादित असते. कायम बांधणीच्या धरणाला खर्च फार येतो. जरूर तितक्या सुरक्षिततेचे पण कमी काल टिकणारें धरण बांधण्यास कमी खर्च येतो. मात्र त्याची देखभाल कायम करण्यास खर्च फार येतो. कायम बंधाऱ्याच्या बांधकामाचे मूल्य व हंगामी स्वरूपाच्या धरणाचें मूल्य व अनुरक्षणव्यय या दोन्ही मूल्यांच्या आकड्यातील फरकाची रक्कम चक्रवाढ व्याजानें गुंतविली तर अशी जमलेली रक्कम कमी खर्चाच्या हंगामी धरणाच्या जलद होणाऱ्या ऱ्हासापायीं लागणाऱ्या शोधननिधीस आणि अनुरक्षणास पुरेशी होते. असे असलें तरी साधारणपणें सर्वात कायम स्वरूपाचें धरण, अंतीं, जास्तीतजास्त काटकसरीचे ठरते हे मान्य करावे लागते. सामान्यपणें, अशाच कायम स्वरूपाच्या धरणाची बांधणी केली जाते. मात्र असें धरण केवळ हंगामी स्वरूपाच्या कामाकरिताच उपयोगात आणावयाचे असेल अगर पुरेसा निधि उपलब्ध होऊ शकत नसेल तर आपणास हंगामी धरण बांधावे लागेल.

निरनिराळ्या प्रकारच्या धरणांचे तुलनात्मक विवेचन पुढें केलें आहे.

२. **भरीव भाराश्रित कॉंक्रीटचे धरण** (प्रकरण ७ ते १२ पहा)

भरीव कॉंक्रीटच्या धरणाइतका भक्कम प्रकार दुसरा कोणताही नाहीं. तसेच त्याच्या अनुरक्षणास दुसऱ्या कोणत्याही प्रकारापेक्षा कमी खर्च लागतो. कोणत्याही परिस्थितीत अशी बांधणी चालू शकते. परंतु अशा बंधाऱ्याची उंची पायाच्या बळकटीवर अवलंबून असते. तो मातीच्या पायावर जर बांधावयाचा असेल तर बहुधा ६५ फुटापेक्षां जास्त उंचीचा बांधता येत नाहीं. जमिनीच्या खालीं खडक जर खोलीवर असेल आणि हा बंधारा जर फार उंचीचा बांधावयाचा असेल तर अशा जागीं मातीचा बंधारा कमी खर्चांत बांधता येतो असें पुष्कळ वेळां आढळून आलें आहे. कारण मातीचा बंधारा खडकाच्या पायावर बांधला पाहिजेच असें नाहीं.

भरीव भाराश्रित कॉंक्रीटचे धरण सर्वांत सुरक्षित असते असें जनमत रूढ आहे; हें धरण म्हणजे कॉंक्रीटच्या धरणांचा सर्वसामान्य प्रकार; अर्थातच, साधारणपणें लोकांना या प्रकाराचें जास्त आकर्षण आहे.

भरीव आणि पोकळ कॉंक्रीटच्या धरणांच्या प्राथमिक खर्चातील फरक स्थानिक परिस्थितीवर अवलंबून असतो. भरीव धरणात, दर घन यार्ड कॉंक्रीटला सिमेंट कमी लागते, साचाबांधणीचे काम कमी पडते, कॉंक्रीट घालण्यास खर्च कमी येतो आणि हें कॉंक्रीट सलोह असण्याची जरूरी नसते. उलटपक्षी पोकळ धरणात, धरणाच्या लांबीच्या दर फुटास पुष्कळच कमी कॉंक्रीट लागते. सगळ्यात हलक्या पोकळ धरणात भरीव धरणापेक्षां ३५ ते ४० टक्के सिमेंट कमी लागते. ज्या जागीं बांधकामाचा माल फार महाग पडतो अशा फार दूरच्या जागीं भरीव बंधाऱ्यापेक्षां पोकळ धरणाला बहुधा कमी खर्च येतो. परंतु, रेल्वे लाइनच्या आसपास असलेल्या जागीं जाणें जेथें तुलनात्मक दृष्टया सुलभ असते किंवा जेथें (खडी वगैरे) कॉंक्रीटला लागणारा माल सहज मिळू शकतो अशा ठिकाणीं उलट परिस्थिती असू शकते.

लांकडी बांधकामाच्या बंधाऱ्यापेक्षा भरीव भारवाही कॉंक्रीटचा बंधारा नेहमीच महाग असतो. ज्या ठिकाणी लाकूड महाग असते अशा ठिकाणीं उच्च प्रकारचे अश्मस्थापित लांकडी पिंजऱ्याचे धरण बांधले तर मात्र त्याला खर्च कमी येणार नाहीं.

भाराश्रित कॉंक्रीट बंधाऱ्याच्या कोणत्याही प्रकारापेक्षा मातीच्या अगर पत्थरभरा धरणाला येणारा खर्च नेहमीच पुष्कळसा कमी येतो. मात्र त्याला लागणारा माल जवळपास आणि सुलभरीत्या उपलब्ध असला पाहिजे. म्हणून, जर मातीच्या बांधणीला योग्य अशी परिस्थिति असेल तर तेथें त्याचप्रकारचें धरण बांधणें सामान्यपणें पसंत करावें लागेल. यांत मातीच्या बांधकामाला कांहीं मर्यादा आहेत. त्याबद्दल पुढें विवेचन केलें आहे.

कमानदार बंधाऱ्याला इतर कोणत्याही भाराश्रित कॉंक्रीटच्या बंधाऱ्यापेक्षा कमी माल लागतो. म्हणून त्याच्या बांधकामास पुष्कळच कमी खर्च येतो. परंतु अशा बंधाऱ्याला योग्य अशा जागा फारच तुरळक प्रमाणांत उपलब्ध होतात. यांसंबंधी विवेचन पुढें केले आहे.

३. पोकळ भाराश्रित कॉंक्रीट-धरण

प्रकरण १४ त वर्णन केल्याप्रमाणें बरीचशी पोकळ धरणें सलोह कॉंक्रीटची टेकू देऊन बांधलेली आहेत.

बऱ्याच वेळां धरणाच्या पोकळ जागेंत टरबाइन्स व इतर उपकरणें बसविण्यात येतात. आणि त्यांच्याकरितां लागणाऱ्या पोकळीच्या जागेंत बचत करता येते. पोकळ धरणाच्या पायथ्यातील उत्क्षेप टेकूंच्यामुळें जवळजवळ नाहींसा होतो. परंतु, पायांतील खडकात जर आडवे पदर असतील तर तेथें निर्माण होणारा उत्क्षेप नाहीसा करण्याकरितां अगर तो समतोल राखण्याकरितां ज्या अडचणी येतात त्या भरीव धरणांच्या बाबतींत येणाऱ्या अडचणीहून भिन्न नसतात. (प्रकरण ३, अनुच्छेद १७ पहा.)

वरच्या बाजूस जास्त ढाळ असलेल्या पोकळ धरणांच्या बाबतींत कांहीं फायदे असतात. असें प्रतिपादन केलें जातें कीं, हा बंधारा उलटू शकत नाहीं; कारण पाण्याच्या कोणत्याहीं पातळीपर्यंत येणारा दाब आणि इतर दाब मिळून येणारा परिणामी दाब नेहमी पायथ्याच्या लांबीच्या आंतच असतो. अर्थात् हा फायदा प्रत्यक्षापेक्षा बराचसा काल्पनिक असतो. कारण जर योग्य तऱ्हेनें बंधाऱ्याचें संकल्पचित्र तयार केले तर अशा बंधाऱ्यांच्या दोन्हीही प्रकारांत, या बाबतींत काळजी करण्याचें कारण उरत नाहीं.

जर पायांचे थर जास्त रुंद असतील तर पायावर येणाऱ्या दाबाचा एकांक निर्देशांक, पोकळ बंधाऱ्यांत, भरीव बंधाऱ्यापेक्षा कमी असतो. कारण त्याचे दर चौ. फू. क्षेत्रफळांतलें वजन भरीव बंधाऱ्यांच्या तितक्याच क्षेत्रफळांतील वजनापेक्षां कमी असते. म्हणून ज्यावेळीं भरीव धरणाचे वजन तोलू शकेल असा पाया मिळत नाहीं त्यावेळीं पोकळ धरणाचा अवलंब केला जातो.

जर बारिक अशा पोकळ धरणांत वापरण्यात येणारे काँक्रीट हलक्या दर्जाचे असेल तर त्याचे परिणाम भरीव भाराश्रित धरणातील काँक्रीटच्या परिणामापेक्षां फार गंभीर होतात. आणि अशा परिस्थितींत पाणी अतिशय गोठेल अशा थंड हवेत, पोकळ धरणांत, विशेषेंकरून बराच त्रास होतो. अर्थात् हा दोष धरणाच्या प्रकाराचा नसून ते बांधतांना वापरलेल्या पद्धतीचा आहे.

४. कमानदार काँक्रीटचे धरण

(प्रकरण १३ पहा.) ज्या बंधाऱ्याची उंचीच्या प्रमाणांत लांबी कमी असते अशा ठिकाणींच चापाश्रित काँक्रीट बंधारा बांधण्यात येतो. तसेच तेथें येणारा कडेचा दाब सहन करू शकतील इतक्या बळकट दरीच्या दोन्ही बाजू असल्या पाहिजेत. परिस्थिती अनुकूल असेल तर इतर कोणत्याही काँक्रीटच्या धरणापेक्षा

याला माल कमी लागतो. शिवाय टिकाऊपणा तेवढाच असतो. म्हणून परि-स्थितीचा कौल मिळताच असा बंधारा बहुधा बांधला जातो. परंतु, दुर्दैवानें अशा प्रकारच्या धरणाला अनुकूल अशा जागा फारच दुर्मिळ असतात.

(धरणावर) बाहेरून पडणाऱ्या दावाला प्रतिरोध करण्याकरितां चापाश्रित धरणाच्या वजनाचा केव्हांच उपयोग होत नाहीं. म्हणून या धरणाचे बाबतींत संकल्पचित्र तयार करतांना उत्थापनाच्या परिणामाचा विचार करणें महत्त्वाचें आहे असें मानण्यांत येत नाहीं.

५. मातीचा बंधारा

(प्रकरण १७ ते २० पहा.) जर जागेवर बांधकामाला लागणारे द्रव्य विपुल प्रमाणांत मिळत असेल तर काँक्रीटच्या कुठल्याही प्रकारच्या भाराश्रित धरणा-पेक्षा पुष्कळच कमी किंमतींत असे मातीचे बंधारे बांधता येतात. परंतु, अशा प्रकारच्या धरणांना एक मर्यादा पडते. पुराच्या पाण्याला अधिक योग्य असा सांडवा उपलब्ध करून देणें आवश्यक असते. बंधाऱ्याच्या माथ्यावर चांगली फरशी केली तरी त्यावरून सरळ पुराचे पाणी वाहूं देणें धोक्याचे असते. धरणाच्या लांबीच्या दर फुटास, पुराचें पाणी वाहून जाण्याचे मान अगदी थोडें असेल तर धोका कमी असतो. म्हणून अशा प्रकारच्या धरणाला योग्य असा सांडवा ठेवणें अपरिहार्य असते. कांहीं सांडव्यांचे बाबतींत धरणाची जवळजवळ उपलब्ध होणारी जास्तींत जास्त लांबी—किंबहुना सर्वच लांबी—उपयोगांत आणावी लागते. अशा बाबतींत मातीच्या धरणाचा विचारच सोडून द्यावा लागतो. क्षरणक्षम मातींतील पाझराचे पाण्याचें परिमाण, पाणी जेवढी लांबी आक्रमून जाईल तिच्या व्यस्त प्रमाणात असते. म्हणून ज्या ठिकाणी पायाची जागा क्षरणक्षम असते अशा जागीं उंचीच्या मानानें तळांतील रुंदी जास्तीत जास्त असेल असें मातीचें धरण बांधणें फार सोयीचें ठरतें.

योग्य प्रकारें अनुरक्षित असलेले मातीचे धरण इतर उत्तम धरणाइतकेच टिकाऊ असूं शकते. धरणाची अंतिम स्थिती पूर्ण झाल्यावर आणि ते घनिष्ट, जलाभेद्य झाल्यावर आवश्यक असा अनुरक्षणाचा खर्चही झपाट्यानें कमी होऊं लागतो. त्यावर योग्य प्रकारची हरळी उगवल्यावर पाण्याने त्यावरील मातीही धुपून जात नाहीं. ज्या ठिकाणच्या निसर्ग सौंदर्यांत कमींत कमी बदल व्हावा अशी अपेक्षा असेल तेथें भूदृश्य कायम राखण्याचे दृष्टीनें मातीच्या धरणाची उपयुक्तता निःसंशय फलदायी ठरते.

६. लाकडाचे बंधारे

(पहा प्रकरण २२ वें.) हंगामी धरणांचा आदर्श प्रकार म्हणजे लाकडाचे धरण होय. अर्थातच, नीटपणें संकल्पचित्रण केलें, नीट बांधकाम केलें व अनुरक्षणही नीट झाले तर ५० वर्षें किंवा जास्त काळही हे टिकू शकते. अनुरक्षणाचा खर्च मात्र इतर प्रकारांच्या मानानें भलताच येतो.

लांकडी बंधारे क्वचितच जलाभेद्य असतात. खरें सांगायचें म्हणजे लाकूड टिकविण्याच्या दृष्टीनें थोडीशी गळती आवश्यकच ठरते. ज्या ठिकाणीं जलाशयाला खर्च फार येतो तेथें मात्र अशी गळती हा दोष होय.

अशा तऱ्हेचा बंधारा, पुष्कळ वेळां, नरम पायावर बांधला जातो. कारण अशा ठिकाणीं काँक्रीटचा बंधारा बांधणें शक्यच नसते. तसेंच काँक्रीट धरण जर खचलें तर तेथें बंधाऱ्याला गंभीर धोका निर्माण होतो. लाकडी बंधारा मात्र जरी थोडासा खचला तरी ते चालू शकते. धरण बांधतांना खर्चाला कमी रक्कम मिळाल्यामुळें परंतु, भविष्य काळात, कायम स्वरूपाच्या धरणाचे उद्दिष्ट असतांना, लाकडी बंधाऱ्याचा कुंडनबांध म्हणून उपयोग करणें शक्य होईल.

७. पोलादी बंधारे

या देशात (अमेरिकेत) आतापर्यंत फक्त तीनच पोलादी बंधारे बांधण्यात आले आहेत. कोणत्याही प्रकारच्या काँक्रीटच्या भाराश्रित धरणापेक्षा हा पोलादी बंधारा अत्यंत कमी खर्चांत बांधता येतो आणि त्याचे इतरही बरेंच फायदे आहेत असे प्रतिपादन करण्यात येते. यासंबंधीं प्रकरण १९ मध्यें उहापोह केला आहे. मात्र जे पोलादी बंधारे बांधण्यात आले आहेत त्यांना पायांत दृढमूल करावे लागते. अशा तऱ्हेची तरतूद काँक्रीटच्या भारवाही धरणांचे बाबतींत जरी शक्य असली तरी ही प्रथा चांगली आहे असें मानले जात नाही.

८. इतर प्रकारचे बंधारे

दुसऱ्याही अनेक प्रकारच्या बंधाऱ्यांची संकल्पचित्रें तयार करण्यात आली आहेत आणि ते बांधलेही गेले आहेत. यात विशिष्ट आकाराची चिरेबंदी धरणें, चलित धरणांचे निरनिराळे प्रकार, आणि इतर धरणें यांचा समावेश होतो. परतु, अशी धरणें हा बांधकामाचा एक अनन्य प्रकार आहे असे मानावे लागेल आणि विशिष्ट परिस्थितींतच त्याचा उपयोग करावा लागेल. अतएव त्यांची इतर धरणांशी, सामान्यपणें, तुलना करणें योग्य होणार नाहीं.

प्रकरण ३ रे

पायाची पूर्वतयारी आणि त्याचे संरक्षण

१. सामान्य विचार

१. विषयाची व्यापकता

इतर सर्व प्रकारच्या धरणांच्या पायांचे बाबतींत निर्माण होणाऱ्या समस्या कॉंक्रीटच्या धरणांच्या बाबतींतही बहुतांशी आढळून येतात. म्हणून या प्रकरणात पायांची पूर्वतयारी आणि संरक्षण यासंबधीं सामान्यतः आणि कॉंक्रीटच्या धरणाच्या पायासंबंधीं विशेषतः विचार केला आहे. ज्यावेळीं इतर प्रकारांच्या बाबतींत विशेष गोष्टी आढळतील तेव्हा त्या प्रकारांचा विचार केला जाईल.

२. सामान्य विचार

कोणच्याही प्रकारें भारण, क्षरण अगर झिरपण यांचेमुळें परिणाम होईल अगर यांचेवर परिणाम करील अशा धरणाच्या खालील अगर सन्निकट असलेल्या क्षेत्राच्या सर्व भागास "पाया" ही संज्ञा वापरण्यांत आली आहे. धरणाच्या जागेवरील पायाचे अन्वेषण, आणि ज्या माहितीवरून संकल्पचित्र तयार करण्यांत येते त्यांतील चांचणीच्या व तत्संबंधी इतर माहितीच्या संकलनासंबंधीचा विचार प्रकरण १ व १६ मध्यें केला आहे.

बंधाऱ्याचें वजन पेलण्याकरितां व तसेच त्याचे घसरण रोखण्याकरिता पुष्कळ प्रमाणात जेथें शक्ति उपलब्ध होऊ शकेल अशी जागा पायाकरिता उत्तम आहे असें समजावें. ज्यातून गळती फार होत नाहीं व ज्यात शक्य तितका कमी उत्क्षेप होतो असा घनिष्ट दगड पायात असला पाहिजे. तसेच बंधाऱ्यावरून अगर त्यांतील निर्गमद्वारांतून वहाणाऱ्या पाण्यामुळें त्याला हानी होईल असा तो असू नये.

चांगल्या पायाला लागणाऱ्या आवश्यक गोष्टी उपलब्ध व्हाव्यात म्हणून बरीच पूर्वतयारी करावी लागते. ज्या भाराश्रित धरणामध्यें बिघाड होतात त्यापैकीं शेकडा ९० टक्क्याहून जास्त बिघाड पायांतील कमतरतेमुळेंच झाले आहेत असें अनुमान

आहे. म्हणून धरणाचा प्रकल्प तयार करतांना या विशिष्ट भागाचें संकल्पचित्र तयार करण्याकडे योग्य लक्ष देणें अत्यंत महत्त्वाचें आहे. धरणाचे संकल्पचित्र तयार करणाराच त्याचें बांधकाम करील असें नेहमींच होते असें नाही ही खेदाची गोष्ट आहे. कारण चित्र तयार करतेवेळीं तो ज्या गोष्टी गृहीत धरतो त्या पायांतील करावयाची पूर्वतयारी व त्याची व्याप्ति यावर अवलंबून असतात. म्हणून धरणांचे बाबतीत नेहमीं संकल्पचित्रकारानें धरणाच्या बांधकामासंबंधी विशिष्ट विवरण तयार करावे आणि त्या कामावर त्याचीच देखरेख असावीहें श्रेयस्कर आहे.

ज्या ठिकाणीं अधिभार उथळ असतो तेथें खडकापर्यंत पाया काढण्यासाठीं तो नेहमीं काढून टाकावा लागतो. पण जेथें तो अतिशय खोल असतो अशा ठिकाणीं ६५ फूट उंचीपर्यंतचे बंधारे मातींत बांधण्यांत आले आहेत. खडकावर बांधलेल्या धरणापेक्षा मातीवरील धरणाचा खर्च फार येतो. म्हणून खडक फार खोलही नाहीं अगर उथळही नाहीं अशा जागी कोणत्या प्रकाराचा बंधारा बांधावयाचा हे एक अर्थशास्त्रीय प्रमेय ठरते.

२. खडकांतील पायावरील उपचार

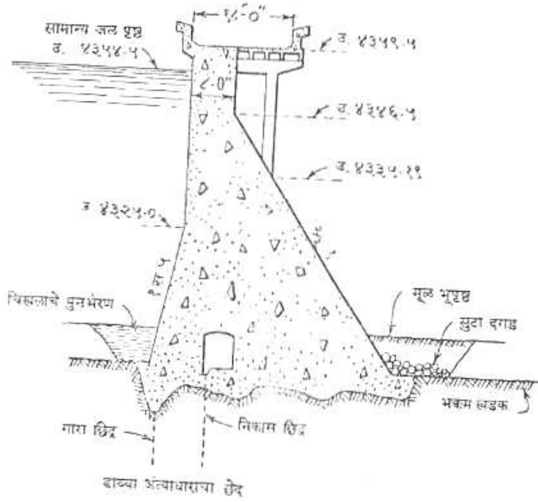
३. पायांतील खडकाचा अंतिम पृष्ठतल

वरवरचा खडक नेहमीं अतिशय झिजलेला असतो आणि धरणाला आधार म्हणून त्याचा उपयोग करता येत नाहीं. कांहीं वेळां योग्य खडक मिळेपर्यंत बऱ्याच खोलीपर्यंत पाया खोदावा लागतो.

खडकांतील खुदाईचे वेळीं सुरुंगाचे जागेखालील चांगला दगड स्फोटानें छिन्नविच्छिन्न होणार नाहीं याकडे नेहमीं विशेष लक्ष पुरवावें लागते. खडकांतील अखेरचे एक अगर दोन फूट अंतर (स्फोट करून न काढता) पाचरीनें व पहारीनें ढिलें करून खोदले पाहिजे असे विशिष्ट विवरणात मुद्दाम निर्दिष्ट केलेले असते. बांधकामांतील अनुभवी तज्ज्ञाला नेहमींच लक्षांत ठेवावें लागतें कीं पायाच्या दगडांच्या अंतिम पृष्ठतलांतील कोणताही भाग त्याच्या पूर्वस्थितीपासून विचलित होता कामा नये आणि त्यांतील कोणताही थर ढिला होता कामा नये आणि हे उद्दिष्ट साधण्यासाठीं योग्य पद्धतीहिं त्याला आपोआपच सुचते.

ग्रॅंडकूली धरणाचे विशिष्ट विवरणात असें नमूद केलें होतें कीं संकलिपत खुदाईतील उरलेल्या भागाचा स्फोट करण्याकरिता घेण्यात येणारे कोणतेही छिद्र त्या खोलीच्या $\frac{२}{३}$ पेक्षां जास्त खोल असू नये.

पायाच्या पृष्ठतलाप्रमाणें त्याच्या आंतही घसरणाला पुरेसा अडथळा असणें इष्ट असते. एकाद्या जागीं, इतर सर्व दृष्टीनें पायांतील दगड चांगला व घनिष्ट असतो. पण त्यांतील काहीं समतल थर जवळजवळ असले तर त्यावरून बंधारा घसरण्याची शक्यता निर्माण होते. म्हणून अशा ठिकाणीं धरणापासून अनुप्रवाही



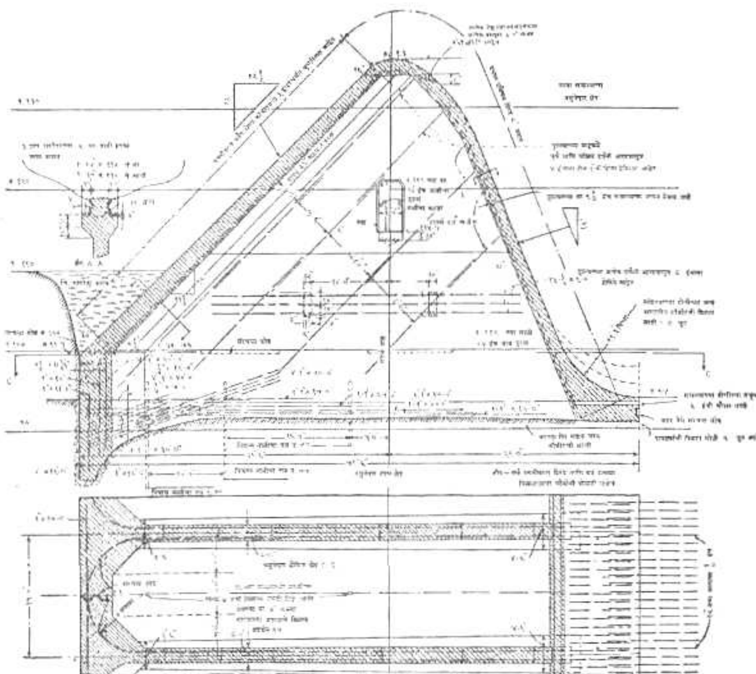
आकृति १. डाव्या अंत्याधाराचा छेद. अमेरिकन फॉल्स धरण. स्नेक नदी. इडॅहो. (आधार ६; अनु. ४०).

दिशेनें घसरण–बलास प्रतिरोध करण्याकरितां पुरेशा तलस्थित दगडाचा भार उपलब्ध व्हावा म्हणून आ. १ मध्यें दाखविल्याप्रमाणें धरणाच्या चवड्यापाशीं पक्कड मिळण्याकरितां तेथें पुरेशा खोलीपर्यंत पाया खोदला पाहिजे. म्हणजे त्याचे वजनाने धरणाच्या घसरणाला प्रतिरोध होईल. जर तेथील दगड चांगला नसेल तर बंधाऱ्याच्या चवड्याखालील दगड 'रेखावेधन' पद्धतीने काढून टाकावा लागेल.

मऊ आणि बिनजोड असा शेल खोदाईत आढळला व त्याचे थर कमकुवत व जवळजवळ आडवे असले तर तेथील किंवा इतर कमकुवत पायांचे बाबतींत घसरण थांबविण्याची शक्ति त्याचे चवड्यात आहे अशी खात्री देता येत नाहीं. अशा वेळीं धरणाच्या चवड्याखालीं एक खोल खंदक रेखावधन आणि ब्रोचिंग पद्धतीनें खोदण्यांत येतो व त्यात प्रबलित काँक्रीट बंधाऱ्याशीं दृढमूल करण्यात येते. (पहा—आकृति २.)

बंधाऱ्याचा पाया आणि त्याचें बांधकाम यांचें परस्पराशीं जास्तीत जास्त बंधन रहावें म्हणून पायातील अखेरच्या दगडाचा पृष्ठतल अगदीं स्वच्छ करण्यात येतो. नाहीतर असा पृष्ठतल आणि वरील बांधकामाचा तळ यामध्यें घाण रहाते, मग ती कोणत्या प्रकारची का असेना! त्यामुळें पाया आणि वरील बांधकाम यामधील संयोग पूर्णपणें नाहींसा होतो आणि पायांतील दगड स्वच्छ करण्याचा उद्देशच संपूर्णतया विफल होतो.

पायाचा पृष्ठतल परिणामकारकपणें स्वच्छ करण्यास अतिदाबाश्रित पाणी व हवा यांच्या मिश्रणाच्या झोतासारखे दुसरे कोणतेही उत्तम साधन उपयोगी पडणार नाहीं. अशा झोताच्या साहाय्यानें दगडांतील उभ्या चिरा आणि खूप खोलवर असलेल्या जलगतिकाही स्वच्छ करता येतात. अशा चिरात चुना घट्ट बसवून त्या बंद करण्यात येतात. कॉंक्रीटच्या बंधाऱ्यांच्या बाबतींत स्वच्छ केलेल्या पायाच्या पृष्ठतलावर जास्त सिमेंट वापरलेला एक इंच जाड चुन्याचा



आकृति २. स्टोनी नदीवरील धरण. (एफ. डब्ल्यू. शीडेनहेम, ट्रॅ. अमे. सो. सि. ई. १९१७ पा. ९०७).

थर कॉंक्रीट टाकण्यापूर्वी पसरण्यांत येतो आणि यासंबंधीं पुष्कळ वेळां विवरणांत निर्देशन केलेलें असते.

कॉंक्रीट टाकतेवेळीं (जागेवर) जलगर्ता रहाणार नाहींत अशी कटाक्षाने काळजी घेतली पाहिजे.

खडकाच्या पायांत दगडांचे लोंबते थर असू नयेत; तसेच दगडाचा उभा छेद शक्यतो अगदी खडा असूं नये. ज्या ठिकाणीं असा खडा पृष्ठभाग दगडांतील उभ्या बंधनरेषेशीं जुळलेला असतो तेथें तो अपवादात्मक समजण्यात यावा. अशी परिस्थिती टाळण्याचें कारण हें आहे कीं अशा ठिकाणीं खडकांत संकुचनामुळें तडे पडतात; आणि तेथें अतिशय कर्तन-प्रतिबल निर्माण होते.

४. पायाच्या खडकांतील दोषावर उपाय

साधारण उंचीच्या बंधाऱ्याचें वजन तोलू शकेल अशी पुरेशी शक्ति बहुतेक बिनझिजलेल्या जोड दगडांत असते. परंतु, शिवण अगर स्तरभंग आणि झिजलेले अगर चुरा झालेले भाग यामुळें, पायांत सुटे वा अंशतः सुटे टोळ निर्माण झालेले असतात. बंधाऱ्याच्या वजनाने ते किंचित् सरकण्याचा संभव असतो. अशा दगडांच्या बाबतींत विशेष काळजी घेणें जरुरीचें असते.

अनुच्छेद ७ मध्यें दाखविल्याप्रमाणें अरुंद शिवणी अगर स्तरभंगाची जागा अनेक वेळां स्वच्छ धुवून त्यात गाराभराई करण्यात येते. जर शिवणी रुंद असतील अगर दगड झिजलेला वा फुटलेला असेल तर त्यांतील द्रव्य खरडून काढून त्या शिवणी पुनः कॉंक्रीटनें भरून काढाव्या लागतात. पूर्ण झालेल्या खोदकामात आढळलेले खराब द्रव्याचे थर जेव्हां जवळजवळ आडवे असतात तेव्हां त्या द्रव्यात उभी सूचिका अगर मोठ्या व्यासाचे वेधन छिद्र घेऊन (प्रकरण १ अनुच्छेद ४१) आणि त्या शिवणी ड्रिफ्टमध्यें धुवून, स्वच्छ करून त्यावरील कठीण दगड खोदण्याऐवजीं त्या कॉंक्रीटनें भरून घेणें काही वेळा काटकसरीचे होते. खडकात जर पोकळी अगर द्रावणनलिका असल्या तर त्यावरही अशा तऱ्हेचे उपाय करण्यात येतात.

जेव्हां धरणाची उंची कमी असते तेव्हां पायांतील साधारण मानानें नरम असलेल्या दगडातील लहानलहान भाग बंधाऱ्याखाली तसेच राहू दिले जातात. कल्पना अशी कीं धरण त्यावर कमान करून उभे राहील. परंतु, जर, मोठ्या आकाराचे उभे अनुप्रस्थ स्तरभंग पायात आढळले तर पुष्कळ वेळा ते स्वच्छ

धुवून त्याच्या तोंडावर कमान होईल इतक्या खोलीपर्यंत काँक्रीटने भरून घेण्यात येतात. मात्र अशा वेळीं खोदाई आणि गारा-भराई धरणाच्या वरच्या बाजूला जलावरोधक होईल इतक्या खोलीपर्यंत करण्याची काळजी घेण्यात येते.

शेलसारखा दगड उघडा पडला कीं त्याचें विच्छेदन होऊं लागते. अशा प्रकारच्या खडकांच्या पायात काँक्रीट टाकावयाच्या अगदीं थोडा वेळ आधीं अखेरची साफसफाई करण्यात येते. नाहींतर तो खडक कोरडा होण्याची भीति असते आणि ज्यावेळीं तो पुन: काँक्रीटमधील पाण्यानें संपृक्त होतो तेव्हा पाया-आणि बंधारा यांच्या दरम्यान मातीचा थर निर्माण होतो; व त्यांचें एकमेकाशीं बंधन रहात नाहीं. यामुळें तेथील स्खलन-प्रतिरोधकता कमी होते.

ज्या खडकांचा फुलण्याच्या क्रियेनें जलद विच्छेद होतो अशा खडकांच्या बाबतींत कांही पराकोटीच्या उदाहरणांत, पाया उघडा करताक्षणींच त्यावर बिटचूमेन अगर ॲस्फाल्ट सारख्या जलरोधकांचा थर देण्यात येतो. नरम शेलमध्यें ही प्रक्रिया अत्यंत महत्त्वाची गणली जाते. शिवाय यामुळें शेल आणि काँक्रीटमधील बंधनशक्ति वाढते.

५. खडकाच्या पायामधील गळती

संपूर्णपणें अभंग असलेला तळखडक कधिकाळीं दिसलाच तर त्यांतून गळती अगर पाझर थोडचाशा प्रमाणांत अपेक्षित असतात. तळखडकांतील गळतीला आक्षेप हा कीं त्यामुळें जलाशयांतील पाणी फुकट जाते आणि तें बाईटही दिसते. फक्त माती अगर वाळू यांच्या मध्यस्थित थरातून असें पाणी झिरपलें तर त्याला आक्षेप घेण्याचें कारण नसते कारण ते धुवून जाते. सजल पाया आणि अतिशय उत्क्षेप यांचा अन्योन्य संबंध अवश्यतया निर्णायक नसला तरी जोडला जातो.

हलक्या दर्जाचे पायांचे बाबतींत गळतीचें प्रमाण कमी रहाण्याकरितां धरणाचे टाचेखाली काटबांधाची अगर कृत्रिम जलाभेद्य अवरोधकाची तरतूद करणें जरू-रीचें असते. खडकांतील पायासाठीं दोन प्रकारचें काटबांध सामान्यपणें उपयोगांत आणतात. पहिल्या प्रकारात पायाचे खड्डयात चाऱ्या खणून त्या काँक्रीटने भरून काढण्यात येतात. पायाचे खडकांत अंतराअंतरानें वेधनें घेऊन ती दाबयुक्त गाऱ्यानें भरणें हा दुसरा प्रकार आहे. या दोन्हींत पहिला प्रकार जास्त श्रेयस्कर असतो कारण तें काम वाजवी खर्चात करता येते. गारायुक्त काटबांधाची पद्धति सर्वसाधारणपणें उपयोगांत येण्यापूर्वी क्वचित् प्रसंगी काँक्रीटचा काटबांध

५० फूट अगर जास्त खोलीपर्यंत नेण्यात आला होता. जरी त्याचे फायदे उघड असले तरी गारायुक्त काटबांध सर्वसाधारणपणें उपयुक्त असतो आणि त्याला खर्चही कमी येतो असें आढळून आलें आहे.

धरणाच्या पायथ्यावरील उत्क्षेप कांटबांधामुळें कमी होतो याबद्दल "मातीतील पाया" या शीर्षकाखालीं दिग्दर्शन केलें आहे. काटबांधाच्या खालच्या दिशेस घेतलेल्या जलनिःसारण छिद्रामुळें गळतींत थोडी वाढ होते. यासंबंधीही पुढें उहापोह केला आहे.

प्रकरण ७, अनुच्छेद ५ मध्यें उत्क्षेपासंबंधी सामान्य सिद्धान्ताचें विवेचन केले आहे. पायामधील द्रवदाब निश्चित करणें, पाझरांची दिशा, जलनिःसारण, नाल्यांचे परिणाम आणि काटबांधाचा प्रभाव यासंबंधी विवरण अनुच्छेद १४ मध्यें व त्यानंतरच्या "मातीच्या पायासंबंधीच्या" लेखांत केले आहे.

६. शैलयुक्त पायांतील गाराभराई

पायांतील खडकांत घनता निर्माण करून त्यांतील गळती थांबविणें, उत्क्षेप कमी करणें, आणि शिवणयुक्त व चिराळलेल्या खडकाचे घनीकरण करून त्याला जास्त बळकट करणें या कार्याकरिता शैलयुक्त पायात गाराभराई करण्यात येते. या लेखात घनता वाढविण्याकरिता उपयोगात आणण्यात येणाऱ्या पद्धतींचा विचार केला आहे आणि नंतर ७ व्या अनुच्छेदांत दृढीकरणाकरिता जी गाराभराई करण्यात येते तिचें वर्णन करण्यांत आले आहे.

शुद्ध सिमेंट आणि पाण्याच्या मिश्रणाचा गारा तयार करण्यात येतो. बऱ्याच वेळा त्यात इतरही द्रव्य मिसळण्यात येते. त्यासंबंधी माहिती नंतर देण्यात येईल. खडकांच्या भेगात ज्यावेळी वाहते पाणी आढळून येते त्यावेळी ॲस्फाल्ट-युक्त गाराभराईची एक विशिष्ट पद्धति वापरण्यात येते. त्यासंबंधीचा उहा-पोहही नंतर करण्यात येईल.

गाराभराईची पद्धत आंधळेपणानें अंमलात आणू नये. खडकांतील स्तर-भंगाच्या जागा, द्रावणनाल्या आणि इतर कमकुवत क्षेत्रें यांचा प्रकरण १ मध्यें वर्णन केल्याप्रमाणें प्राथमिक वेधनछिद्रें घेऊन सखोल अभ्यास करावा. या अभ्यासामुळें गाराभराईचें काम यशस्वीरीत्या पुरे करण्यास मदत होते आणि काही ठिकाणी असा अभ्यास अपरिहार्यही ठरतो.

काटबांध अगर 'पटलाकार' गाराभराई करण्याकरिता जी छिद्रें खडकांत घ्यावी लागतात त्यापैकीं सर्वांत जास्त खोल छिद्राची खोली पायांतील खडकांच्या

गुणधर्मावर अवलंबून असते. खडकाच्या पृष्ठभागावर असलेल्या जलस्थित दाबाच्या एक चतुर्थांश इतक्या कमाल खोलीवर खडकाच्या पृष्ठतलाखाली ही गाराभराई करण्यात यावी असा जो साधारण नियम आहे तो इतका चुकीचा आहे कीं त्याचा गंभीरपणानें विचार करावयाची गरज नाही. किती खोलीपर्यंत गाराभराई करावी हे ठरविण्याचा एकमेव मार्ग म्हणजे निरनिराळ्या पातळी-वर, खडकांतील विरल भागातून पाणी किती गळून जाते हें जलदाबचाचणीवरून ठरविणें हा होय.

प्रत्येक छिद्रामधील ही चांचणी करण्याकरितां ठराविक दाबाचे स्वच्छ पाणी अशा छिद्रात पंप करून त्यातून झिरपून येणाऱ्या पाण्याचे मापन करण्यात येते. (प्रकरण १, अनुच्छेद ४४ पहा.)

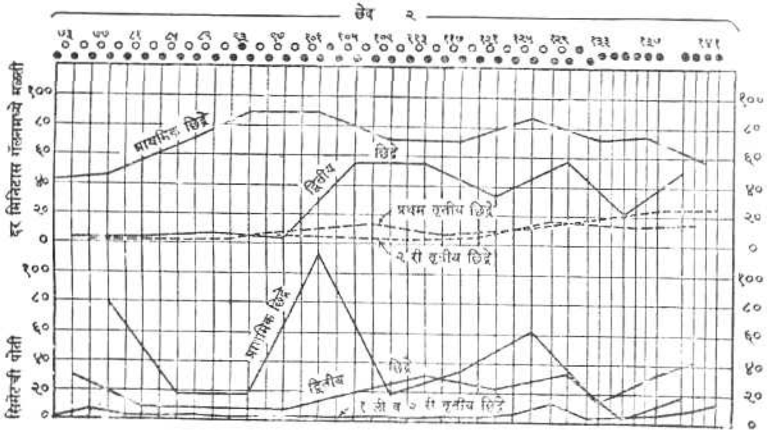
पायांतील खडक त्याच्या खोलीच्या मानानें घनिष्ट असतोच असें नाहीं. अशा खडकांतील पायांचे बाबतींत वाचकांनीं अ. छे. १५ पहावा. या अनुच्छेदांत मातीतील कांटबांधासंबंधी चर्चा केली आहे; आणि जे खोल काटबांध जलाभेद्य द्रव्यापर्यंत नेण्यात येत नाहींत त्यांच्या निरर्थकतेची कल्पनाही देण्यात आली आहे.

धरणाच्या पाण्याकडील बाजूच्या खडकाच्या भागात एका अगर अनेक छिद्रांत गाराभराई करून, "पटलाकार गाराभराई" करण्यात येते. खोल असलेल्या छिद्रात, जास्त दाबाची, एकापेक्षा जास्त ओळींत छिद्रें घेण्याची साधारणपणें जरूरी पडत नाहीं आणि तशी जरूरी पडलींच तर खडकाच्या पृष्ठतळाच्या जास्त रुंद भागाचे घनीकरण करण्याकरिता अनेक समांतर पण उथळ छिद्रे त्यात घ्यावी लागतात.

जेथें उभ्या शिवणी आढळात येतात तेथें त्यांचा छेद करण्याचे दृष्टीनें तिरकी छिद्रें पाडावी लागतात. पुष्कळ वेळां एकमेकाला लागून असलेली छिद्रे गाऱ्याच्या पातळींत, एकमेकाशीं विरूद्ध कोन करून आडवीतिडवी पाडण्यात येतात.

ज्या ठिकाणीं गारापटलाकरितां घेण्यात येणारी सर्व छिद्रे एकसारख्या खोलीची असतात तेथें गाराभराई करणें सर्वांत सोपें जाते. कमी उंचीच्या धरणात ही पद्धत नेहमी वापरली जाते. ज्या ठिकाणीं एका विशिष्ट थराचे वर खडकाची प्रवेश्यता तौलनिकरीत्या सारखी असते आणि जेथें तो खडक जास्त घनिष्ट असतो अशां खडकाच्या बाबतींत उंच धरणाकरिताही ही पद्धत वापरण्यात येते. अशा वेळी "विपाटित अंतरक" पद्धतीचा अवलंब करण्यात येतो. खडकांच्या गुणधर्मानुसार १५ ते २५ फूट अंतरावर प्रारंभिक छिद्रे घेण्यात येतात. नंतर

पाण्यानें त्यांची चाचणी करून त्यात गारा भरण्यात येतो. नंतर दुसऱ्या टप्प्यात तितकीच मध्यवर्ती छिद्रें घेण्यात येतात आणि तपासणी करून त्यात गारा भरण्यात येतो. अखेरच्या टप्प्यांत आणखी छिद्रें खोदण्यात येतात आणि तपासून त्यात गाराभराई करण्यात येते. अशा रीतीनें पहिल्या टप्प्यांतील छिद्रांतील अंतर ¾ इतकें कमी करण्यात येते. कोणत्याही एका छिद्राच्या तपासणीवरून काढलेल्या निष्कर्षावरून, पूर्वी गाराभराई केलेल्या दोन निकटवर्ती छिद्रामधील पायांच्या तुलनात्मक घनतेची कल्पना येऊ शकते. म्हणून ही प्रक्रिया (खडकांत) पुरेशी घनता मिळेपर्यंत टप्प्याटप्प्यांनीं करण्यात येते.



आकृति २ (अ) लहॉण्टन धरणाच्या पायातील क्षरणातील अनेक स्यालन पाण्याचे निरीक्षण आणि निरनिराळ्या वेधनांमधील गाराभराईला लागणारी समेटची पोती यासंबंधी. इंग्लिश रेकॉर्ड, खंड IXVII, पृ. ३४०).

आकृति क्र. २ (अ) मध्यें लहॉण्टन धरणात केलेल्या चांचणीचे निष्कर्ष दाखविले आहेत. तेथील छिद्रें इतकी जवळजवळ घेतली होती कीं दोन फूट अंतराच्या दोन रांगामध्यें ती विखुरावी लागली. परंतु दुसऱ्या रांगेतील फारच थोडया छिद्रांची गाराभराई करणे जरूर आहे असे आढळून आले. काही ठिकाणी पायातील दगड कमकुवत असतो; व त्याचें संस्तरण समतल झालेलें असते. तसेच गाऱ्याच्या दाबाने त्याचे स्तर उचलले जाण्याची शक्यता असते. अशा दगडात जास्तींत जास्त पातळीवर बऱ्याच दाबाची गाराभराई करावी लागते. ही क्रिया टप्प्याटप्प्यानें गाराभराई करून करण्यात येते. यासंबंधी माहिती पुढे दिली आहे.

या पद्धतींत प्रथमतः कमी खोलीचें छिद्र घेतलें जाते आणि त्यांत कमी दाबानें गाराभराई करण्यात येते. गारा घट्ट होण्यापूर्वींच तें छिद्र स्वच्छ करून त्यांत पुनः अधिक खोलीपर्यंत वेधन करण्यात येते आणि जास्त दाबाखाली त्यांत गारा भरण्यांत येतो. ही क्रिया त्या छिद्राची अखेरची खोली पोहोचेतों चालू ठेवण्यात येते आणि नंतर त्याची सर्वात जास्त दाबाखाली गाराभराई करण्यात येते.

दुसऱ्या एका पद्धतींत असें छिद्र प्रथमच संपूर्ण खोलीपर्यंत वेधण्यात येते सर्वात खालील जास्तींत जास्त दाबाच्या विभागाच्या वरच्या पातळीपर्यंत त्या छिद्रात गारा-नलिका सोडण्यात येते. त्या नलिकेच्या खालच्या टोकाला प्रसरण पावणारी मोहोर बसविण्यात आलेली असते व त्यामुळें अशा नळीतून गारा वर येऊ शकत नाहीं. जास्त दाबाखालीं या छिद्रात गाराभराई करण्यात आल्यावर गारा नलिका वर उचलण्यात येते. तिची मोहोर छिद्राच्या वरच्या दुसऱ्या भागावर बसविली जाते आणि तो विभाग जरा कमी दाबाखाली जमिनीवरून गारायुक्त करण्यात येतो. अशाप्रकारें गाराभराईच्या सर्वात वरच्या विभागापर्यंत ही क्रिया चालू ठेवण्यात येते. या पद्धतींत, जरी, पूर्वी गाराभराई केलेलें छिद्र पुनः वेधन करण्याची जरूरी पडत नाहीं तरी मोहरेचा वापर करताना फार त्रास पडतो आणि जास्त दाबाचा गारा मोहोरेच्या बाजूनें बाहेर पडण्याचा नेहमीं धोका असतो.

गारा पद्धतींत अतिरिक्त पूर्वोपाय म्हणून छिद्रांतील प्रत्येक गाराभराई कर-ण्याच्या विभागाचे डोकीवर प्रसरणक्षम मोहोर बसविण्यात येते आणि त्यामुळें पूर्वी गाराभराई केलेल्या वरच्या विभागांवर जास्त दाब पडू दिला जात नाही.

सामान्यतः पायांतील खडकाची खोली जसजशी वाढत जाते तसतशी त्याची घनता वाढते. म्हणून सर्वच ठिकाणीं, छिद्रें जास्तीत जास्त खोलीपर्यंत खोद-ण्याची जरुरी नसते. तेथें १० ते २० फूट खोलीची एक किंवा अधिक उथळ छिद्रें खोदून त्यांची प्रथम गाराभराई करण्यात येते आणि त्यामुळें तो पृष्ठतल घनिष्ट होतो. आणि खालील पातळीवर जी जास्त दाबाची गाराभराई केली जाते. तिचे क्षरण होण्याचें थांबते. नंतर जास्त अंतरावर घेतलेल्या छिद्रांची आणखी एक रांग खोदण्यात येते आणि तींत जास्त दाबाखाली गाराभराई केली जाते. यानंतर तिसऱ्या रांगेत आणखी जास्त खोल छिद्रे खोदण्यात येतात. या रांगेतील छिद्रांमधील अंतर पूर्वीपेक्षा जास्त ठेंवलेले असते. आणि त्यात अधिक दाबाची गाराभराई करण्यात येते. अशा तऱ्हेनें छिद्राच्या तळापर्यंत ही क्रिया करण्यात येते. शेवटच्या खोल छिद्रामधील अंतर आणि दाब सर्वात जास्त असतो.

चाळीस फूट खोलीपर्यंतची उथळ गारा छिद्रे समाघात वेधयंत्राच्या साहाय्यानें खोदलेली असतात. परंतु, शिवणीमध्यें अशा वेधनामुळें कपच्या आणि बारिक कण जाऊन तेथें गारा जाण्यास अडथळा निर्माण होतो या सबबीवर काही स्थापत्यशास्त्रज्ञ ही यंत्रणा टाकाऊ समजतात. अर्थातच खोल छिद्राकरिता गाभावेधन पद्धतीच नेहमीं वापरण्यात येते. पहिल्या पद्धतींत, पुढे पुढे १½ ते २ इंचापर्यंत कमी होत जाईल अशा आकाराचे वेधक वापरण्यात येते. गाभावेधक सामान्यतः दोन इंच व्यासाचे असते. काही प्रकल्पात शेवटच्या वेधनांतील काही वेधने ५ ते ६ इंच व्यासाची घेण्यात येतात. त्यामुळें परिदर्शकाच्या साहाय्यानें गाराभराईच्या परिणामाची डोळयाने पहाणी करणें शक्य होते. याचे वर्णन प्र. १ अनुच्छेद ४६ मध्यें केले आहे.

ज्यांची गाराभराई करावयाची आहे अशा सर्व छिद्रांच्या वरच्या टोकात गाराभराईच्या यंत्राला जोडता येतील अशा पेच पाडलेल्या नळया बसविण्यात येतात. गाराभराईच्या वेळीं या नळया उखडून जाऊ नयेत म्हणून त्या जखडाव्या लागतात अगर त्यांचेवर वजन ठेवलेले असते. काही वेळा या नलिका वेधनछिद्रांत सिमेंटमध्यें घट्ट बसविलेल्या असतात अगर त्यांना भरपूर पक्कड मिळावी म्हणून खडकांत बऱ्याच खोलीपर्यंत काँक्रीटच्या काटबांधात बसविण्यात येतात. या दुसऱ्या बाबतींत सामान्यपणें नलिकेंतून वेधन करण्यात येते. ज्या वेळीं वेधनामुळें बांधकामाला अडथळा येऊ नये अशी इच्छा असते त्यावेळीं बांधकामाबरोबरच ही नळीही बसविली जाते. आणि वेधन, चांचणी आणि गाराभराईची कामें ज्या उंचीपर्यंत बांधकाम झाले असेल त्या उंचीवरून अगर धरणांतील चाचणी बोगद्यातून करण्यात येतात.

प्रत्येक छिद्र, त्याच्या शेजारचे छिद्र खोदण्याचे आधीं, गाऱ्याने भरणे श्रेयस्कर असते. नाहींतर कमी दाबाने शेजारच्या छिद्रात गारा झिरपून तें बंद होण्याचा संभव असतो आणि त्यामुळें त्या छिद्रात गारा लांब अंतरापर्यंत शिरण्यास अडथळा येतो.

वायुमिश्रित पाण्यानें, प्रत्येक छिद्र, गाराभराइचे काम सुरू करण्यापूर्वी, स्वच्छ करण्यात यावें. नंतर त्यांतील शिवणी स्वच्छ करण्यासाठीं, पृष्ठतलावरील ज्या गळत्या बंद करावयाच्या त्यांच्या जागा शोधण्यासाठीं आणि पाण्याच्या प्रवाहाचे प्रमाण काय आहे हें समजण्यासाठीं सौम्य दाबाचे पाणी, पंपानें, त्या छिद्रांत सोडावे. पातळ गारा, घट्ट गाऱ्यापेक्षां, जास्त दूरवर पसरतो. म्हणून सुरवातीला एकास पांच अगर सहा या प्रमाणांत सिमेंट आणि पाण्याचे मिश्रण करून गारा

भरण्याची चाल आहे आणि जसजसें छिद्र घनिष्ट होत जाते तसतशी गाऱ्याची घनता वाढविण्यात येते. या पद्धतीनें अगदी दूरच्या शिवणीपर्यंत गारा पोहोचू शकतो. शिवाय, खडकाच्या स्वाभाविक स्थितीत कमीत कमी बिघाड निर्माण होतो. अंतिम गाराभराई करण्यास १ : २ या प्रमाणात सिमेंट आणि पाणी वापरण्यात येते. पण जेथें खडकातील दगड सुटा झाला असेल तेथें १ : ०.६ या प्रमाणांत सिमेंट आणि पाण्याचे मिश्रण वापरण्यात आले आहे. जेथें शिवण बंद करण्यास अडचण येते तेथें मिश्रण घट्ट करण्याकरितां लाकडाचा भुसा अगर छिलटें मिसळून यशस्वीरीत्या अशी गाराभराई करण्यात आली आहे.

सिमेंट गाऱ्यामध्यें मिश्रणासाठी केवळ जाड वाळू कधीही वापरू नये. कारण ती लवकर खाली बसते आणि सिमेंटपासून वेगळी होते. मिश्रणद्रव्य म्हणून खडकाची, सिमेंटच्या कणासारखी, बारिक पूड यशस्वीपणें वापरण्यात आली आहे. कलीलाचे जास्त प्रमाणांत असलेले चिकणमातीयुक्त बेंटोनाइटही मिश्रण-द्रव्य म्हणून अगर स्वतंत्ररीत्या वापरता येते. गाऱ्यामध्यें सिमेंटच्या आठ टक्के बेंटोनाइट वापरण्यानें त्याची खाली बसण्याची क्रिया मंदावते असे आढळून आले आहे. त्यामुळें सिमेंट आणि वाळूसुद्धा तरंगत रहाते आणि हे मिश्रण खाली बसण्यास प्रतिरोध होतो असेही प्रतिपादन करण्यात आले आहे. मिश्रणाची परिणामकारकता फक्त प्रयोगशाळेत चाचणी करूनच ठरविता येणें शक्य आहे.

गाऱ्यामध्यें चिखल खडकातील पोकळीच्या जागा भरून काढण्याचे सोयीस्कर माध्यम म्हणून वापरणें शक्य आहे असे चांचणीअंती आढळून आले आहे. (अनुच्छेद ४० मधील परिच्छेद १६ पहा.)

गाराभराईमध्यें इतकाच दाब असावा कीं त्यामुळें पायाचा अगर शेजारच्या बांधकामाचा कोणताही भाग उचकटणार नाहीं अगर हालणार नाहीं. मात्र त्याच वेळीं तो दाब जितका जास्त ठेवता येईल तितका ठेवावा म्हणजे हे काम जलद होईल व त्यामुळें जास्तीत जास्त भागात गारा पसरू शकेल.

गाराभराईमुळें उत्क्षेप होत आहे काय हे जाणण्याकरिता 'हेज' यानी खालील पद्धति सुचविली आहे. (अनुच्छेद ४० परिच्छेद १३ पहा.) सर्वांत जास्त खोल असलेल्या छिद्राच्या तळाइतके खोल एक छिद्र खोदावें. त्यांत एक सुटी शलाका तळाशी घट्ट बसवावी. ती शलाका छिद्राच्या माथ्याच्या काही इंच वर राहील इतकी लांब ठेवावी आणि अगदीं खडकाच्या पृष्ठतळावर बसविलेल्या जोखडाला ओझरता स्पर्श होईल अशा रीतीने ती बसवावी म्हणजे खडकाच्या पृष्ठ-तलाचा थोडासा जरी उत्क्षेप झाला तरी ती शलाका जोखडापासून अलग होईल.

ज्यावेळीं खडकांतील पृष्ठतलाची गाराभराई ,उत्क्षेप झाल्याखेरीज, पुरेशी करता येत नाहीं अशी अडचण येते आणि ज्यावेळीं जास्त दाबाच्या खोल गाराभराईने पायाच उचकटण्याची भीती असते त्यावेळी धरण पुरे झाल्यावर अगर त्याचा काही भाग बांधून झाल्यावर त्याच्या गॅलरीतून गारापटल भरण्यात येते. याकरिता ५ ते ८ फूट आकाराच्या गॅलरीतून उभे अगर कलते छिद्र घ्यावे लागते; व त्याकरिता उपयुक्त अशी उपकरणेही उपलब्ध आहेत.

पृष्ठभागी दर चौ. इंचास ५ ते १० पौंडापासून खोल छिद्रात १००० पौंड इतक्या दाबाची गाराभराई करण्यात येते. त्याकरिता कांहीं सामान्य असे नियम जरी ठरविता आले नाहीत तरी कोणत्याही पातळीवर दर चौ. इंचाला जो दाब द्यावयाचा तो छिद्राची खोली जितकी फूट आहे तिच्यापेक्षा जास्त नसावा असे प्रमाण अनुमान धक्क्यानें ठरविण्यांत आले आहे. अर्थात् पुष्कळ ठिकाणी यापेक्षा जास्त दाब वापरणें शक्य होते. स्थूलमानानें, खाली सुचविलेलें समीकरण मार्गदर्शक होईल असे लेखकाला वाटते. प्रत्यक्ष काम सुरू असतांना गाराभराईचे वेळी केलेले निरीक्षण आणि अनुमान याचीही जोड देणें जरूरीचें आहे.

समीकरणात सघन दगडामध्ये दर चौ. इंचाला, जो दाब पौंडांत दिला आहे तो p या अक्षरानें निर्देशिला आहे. h म्हणजे खडकाच्या पृष्ठतला-खालील खोली.

सघन खडकाचे बाबतींत—

$$p=h+1.33h\left(\frac{h}{100}+\frac{3\sqrt{h}}{20}\right) \qquad [१]$$

भक्कम स्तरित खडकाचे बाबतींत—

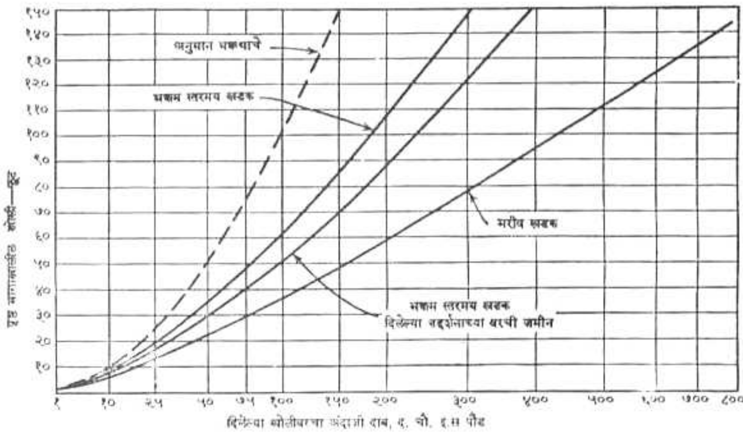
$$p=h+1.33h\left(\frac{h}{900}+\frac{\sqrt{h}}{20}\right) \qquad [२]$$

ठराविक उंचीच्यावर ज्या भक्कम स्तरित खडकात गाराभराई केलेली आहे त्याचे बाबतीत—

$$p=h+1.33h\left(\frac{h}{400}+\frac{3\sqrt{h}}{40}\right) \qquad [३]$$

आकृति ३ मध्यें ही समीकरणें आलेखित केली आहेत. त्यावरून वर उल्लेखिलेल्या अनुमान-धक्याप्रमाणें किती दाब पाहिजे तेही तुलनेने दिसून येईल.

पाझर-निर्मितीच्या दृष्टीनें, स्तरभंगनिर्मित पोकळ्या, घट्ट चिकणमातीचे किंवा मृद्‌शैलांचे पातळ थर यांच्याबद्दल विशेष आक्षेप घेण्यात येत नाहीं. परंतु, अशा दगडाच्या शिवणीत जर चिखल, रेग किंवा वाळू आढळली तर मात्र तलाव भरल्यावर हें द्रव्य त्यांतून वाहून जाण्याचा संभव असतो. म्हणून ही द्रव्यें गारा भरण्यापूर्वी शिवणींतून धुवून टाकावीत. मोठ्या द्रावण नाल्यांच्या बाबतींत तेथपर्यंत पोहोचण्याकरिता एक मार्ग तयार करणें श्रेयस्कर असते. त्यातून, त्या नाल्या स्वच्छ करून त्यांत काँक्रीट टाकावे आणि नंतर, शेवटी, त्यात गारा घालून तो मोहोरबंद करावा.



आकृति ३. गाराभराईच्या दाबासंबंधी ठोकळ मार्गदर्शन

महत्त्वाच्या जागी अशा शिवणीत वेधनछिद्रे घेऊन त्यातून त्या पाणी आणि संपीडित वायू यांच्या साहाय्याने स्वच्छ कराव्यात. त्यावेळीं, प्रारंभिक गारा-भराईकरिता जो दाब वापरावयाचा असतो तितक्याच दाबानें, या शिवणी धुण्याचे काम, स्वच्छ पाणी त्यातून बाहेर येईपर्यंत, चालू ठेवावे. दगडातील ज्या शिवणी आणि भेगा पृष्ठतलाचा छेद करितात त्यातून गारा झिरपून जाण्याचा संभव असतो म्हणून त्या प्रथम खरडून काढाव्यात. त्यात काँक्रीट अगर चुन्याचा दट्टया बसवून किंवा लेडवूल दाबून बसवून अगर अन्य मार्गानें त्या बंद कराव्यात. पृष्ठतलाशीं, ज्या दगडांची आधारपातळी छेद करते त्या दगडात गाराभराई करणें विशेष त्रासदायक होते.

खडकाच्या ज्या भेगांतून पाणी वहाते त्या भेगा जरी बऱ्याच मोठ्या असल्या तरी त्यांची तोंडे गरम अॅस्फाल्टनें बंद करण्यात यश आले आहे. (पहा प्र २०

अ. ४०.) विजेने तापविलेल्या तारांच्या साहाय्यानें नळचा आणि वेधनछिद्रें प्रवाह सुरू होईपर्यंत गरम करण्यात येतात. त्यानंतर, वेधनछिद्रांची लांबी फार नसेल तर तीं विजेच्या उष्णतेने गरम करण्याची गरज पडत नाहीं. गरम ॲस्फाल्टचा आतील पाण्याशी संबंध येताच ते थोडेसे घट्ट होते आणि त्याचे लांब धाग्यात रूपांतर होते. हे धागे छिद्राच्या बाजूना चिकटतात आणि हळूहळू तें छिद्र भरून येते.

गारापटलाच्या क्षेत्रांतील झरे बंद करण्याचे सर्व प्रयत्न केले पाहिजेत. जर नेहमीच्या गाराभराईच्या पद्धतीने ते बंद होत नसतील तर त्यांतील पाणी नळीमधून काढून टाकावे. छिद्रांत जास्त दाबाचा गारा घालता येईल इतके काँक्रीट जाईपर्यंत वरीलप्रमाणें पाणी जाऊ द्यावे. गारापटलाच्या खालीही झरे असतात. त्यातील पाणी मात्र बंदिस्त करण्यात येऊ नये. ते पुच्छजलांत कायम नळचा बसवून त्यांतून सोडून द्यावे.

हाती घेतलेल्या कामाकरिता गाराभराईची पद्धत कायमची वापरण्यात यावी. जसजशी कामाची प्रगति होऊ लागते तसतसा (गाराभराईचा) अनुभव मिळू लागतो. प्रत्येक परिस्थितीत, योग्य असा उपचार करण्याचे दृष्टीने, काम चालू असतांना, गाराभराईच्या पद्धतींत वारंवार बदल करणें हिताचे असते.

संदाबितवायु–गाराभराई यंत्रापेक्षा ड्युप्लेक्स गाराभराई पंप या कामाकरिता पसंत करणें अधिक श्रेयस्कर आहे.

७. दृढीकरण-गाराभराई

अन्य दृष्टीने चांगल्या पण स्तरभंग झालेल्या अगर खूप चिराळलेल्या पायाच्या खडकांतील चांगल्या दगडाचे, धरणाच्या पायथ्यांत निर्माण झालेल्या दाबामुळें, स्खलन होण्याची दाट शक्यता असते. अशा तऱ्हेच्या दगडांचे गाराभराई करून, यशस्वीरीत्या दृढीकरण करणें शक्य होते. यांतील क्रियापद्धती गारापटल पद्धतीचे जे वर्णन केले आहे तिच्याशी पुष्कळच जुळतात. त्यात शिवणी स्वच्छ करण्याची क्रियाही समाविष्ट आहे. परंतु, त्यांची खोली क्वचितच तितकी असते.

दृढीकरण–गाराभराई सुरू करण्यापूर्वी सर्व शिवणी पूर्णपणें स्वच्छ करणें अगत्याचें आहे. नॉरिस धरणांत मोठ्या प्रमाणात दृढीकरण-गाराभराई करण्यात आली होती. या क्रियापद्धतीचे हें एक चांगलें उदाहरण म्हणून दाखविता येईल. त्याची माहिती अनुच्छेद ४० परिच्छेद १४ मध्यें दिली आहे.

८. खडकाच्या पायांतील निःसारण

धरणाच्या पायावरील व पायातील शिवणीमधील जलस्थित दाब व उत्क्षेप कमी करण्यासाठीं, शिवणयुक्त खडकात व उंच धरणाच्या बाबतींत तर नेहमींच, वेधनांची एक रांगच खोदणें इष्ट असते. ही रांग पायाच्या दगडात पूर्वी टाकलेल्या गारापटलाच्या खालच्या बाजूस खोदावी लागते. आकृति १ पहा. ही निःसारणवेधने निःसारणाकरता ठेविलेल्या बोगद्याशी जोडलेली असतात अगर अन्य उपायानें हे पाणी पुच्छ-जलात सोडण्यात येते.

या निःसारण छिद्रांची खुदाई सर्व काम पुरे होईपर्यंत करू नये. तसेच ही छिद्रांची रांग गारापटलाच्या खालच्या दिशेस बऱ्याच अंतरावर खोदावी. त्यामुळें फक्त उघड्या पडलेल्या शिवणींचाच छेद होईल. गारा–छिद्रांच्या जलदाव पद्धतीच्या चाचणीचे पूर्वी वर्णन केले आहे त्याच पद्धतीनें निःसारण-छिद्रांची चाचणी घेण्यात येते व गारापटलाच्या संदर्भात या छिद्रांच्या जागा निश्चित करता येतात.

निःसारण छिद्रांचा आकार, या छिद्रामधील अंतर आणि त्याची खोली निश्चित करण्याकरितां कांही ठराविक असा नियम नाहीं. या घटकांचे निरनिराळ्या प्रकारचे संयोजनात्मक प्रयोग करून त्यांचे तुलनात्मक परिणाम पहाणे अत्यंत जरुरीचे असते. ही छिद्रे ३ ते ६ इंच व्यासांची व ५ ते २० फूट अंतरावर घेतली जातात. त्यांची खोली खडकाच्या गुणधर्मावर अवलंबून असते पण ती खडकांतील पायाच्या रुंदीच्या सरासरी $\frac{१}{४}$ ते $\frac{१}{२}$ ठेवणें योग्य असें मानले जाते. निःसारण छिद्रे गाऱ्याच्या छिद्रापेक्षा जास्त खोल ठेवण्यांत कांहीच अर्थ नसतो.

९. शैलयुक्त पायांच्या चवड्याचे संरक्षण

सांडवायुक्त धरणांच्या चवड्याच्या जवळच्या खडकाच्या संरक्षणांची, विशेषता खडकांतील स्तर जर आडवे असतील तर अनेक वेळा जरूरी असते. ओसंडणाऱ्या पाण्याची उच्च गति, खडकाचे क्षरण न होईल इतकी, कमी करण्याच्या पद्धतीचे वर्णन या प्रकरणाच्या २६ ते ३९ या अनुच्छेदांत केले आहे.

खडकाचा पाया आणि बंधारा यामध्यें निरनिराळ्या प्रकारच्या निःसारण–नाल्या काढण्यांत येतात. त्यांत निःसारण छिद्रांचे वेधन झालेले नसते. परंतु, धरणाच्या पायथ्यापेक्षां धरणाखालील आडव्या थराच्या खडकांत निःसारण–नाल्यांची जरुरी जास्त असते असे मानणें संयुक्तिक आहे. पुच्छ–जलाच्या साधारण

पातळीवर नाल्याचें पाणी वाहील अशा उंचीच्या या सर्व नळ्या ठेवाव्यात म्हणजे गळती किती होत आहे हें समजून येते.

३ मातीतील पायावरील उपचार

१०. सामान्य विचार

मातीतील पायावर पुष्कळ कॉंक्रीटची धरणें बांधण्यांत आली आहेत. परंतु, या देशांत (अमेरिकेत) ती चांगल्या मातीच्या पायावर ६५ फूट आणि त्यापेक्षां कमी प्रतिरोधक शक्ति असलेल्या मातीच्या पायावर ३० फूट उंची पर्यंतच बांधण्यांत आली आहेत. धूप आणि मोठ्या प्रमाणांत होणारा पाझर थांबविण्याकरितां खडकांतील पायाच्या बाबतीत जे उपाय करण्यांत येतात त्यापेक्षां मातीच्या पायाच्या बाबतीत असे उपाय करणें फार खर्चाचे होते म्हणून धरणाची उंची वरील प्रमाणें सीमित केलेली असावी. वस्तुत: धरणाच्या बांधकामाच्या एकंदर खर्चांत मातीच्या पायाच्या संरक्षणाकरितां लागणारा खर्च हा फार मोठा घटक असतो. म्हणून मध्यम आणि उंच धरणांत दुसऱ्या प्रकारचे बांधकाम करणें अगर धरणांची जागा बदलणें चांगले असे आढळून आले आहे. नेहमी पेक्षां वेगळा किंवा जास्त खर्च करण्यासाठीं पुरेसा निधि उपलब्ध असला आणि रचनेच्या दृष्टीनें उंचीवर मर्यादा घालण्याचे प्रयोजन नसले तरी वर नमुद केलेल्या उंचीपेक्षां जास्त उंचींची धरणें क्वचितच आढळतात.

मातीच्या धरणांत, त्याच्या पायावर उपचार करतांना, खालील पांच उद्दिष्टे नजरेसमोर ठेवली पाहिजेत.

(अ) बंधाऱ्याची धारणाशक्ति विपुल असणें.

(ब) स्खलन क्रियेला प्रतिरोध करणें.

(क) धरणाच्या खालून अतिशय पाझर न होऊ देणें.

(ड) नीरक्रिया होऊ न देणें.

(इ) धरणावरून पडणाऱ्या पाण्याने धूप न होऊ देणे.

११. मातीच्या पायाची धारणाशक्ति

८ व्या प्रकरणाच्या चौथ्या अनुच्छेदांत मातीच्या पायावर किती वजन असू देणें क्षम्य आहे याबद्दल विवरण केले आहे. बांधकामाचे प्रमाणापेक्षां

जास्त अवस्थापन न होऊ देणें जरुरीचे असते. विशेषत: असमान अवस्थापन होणें आक्षेपार्ह असतें. कारण बांधकामाचा घट्टपणा त्यांतील अवस्थापन चिरांच्या अनुपस्थितीवर अवलंबून असतो.

मातीवरील पोकळ धरणांच्या बाबतींत धारणदाब कमी करण्याकरितां जास्त रुंदीचा पाया बांधला जातो. प्रकरण १४, आकृति ९ मध्यें पोकळ बांधणीच्या "माथीस डाइक" धरणाचे वजन संपूर्ण पायथ्यावर गादी पसरून कमी करण्यांत आल्याचे दाखविले आहे.

भरीव धरणाचे वजन अंचलांच्या साहाय्याने (जास्त क्षेत्रावर) पसरविता येते आणि त्याकरिता हा अंचल, पुष्कळ वेळा, सलोहित करण्यात येतो. काही वेळा भारवाही स्थूणाही वापरणें जरुरीचे असते.

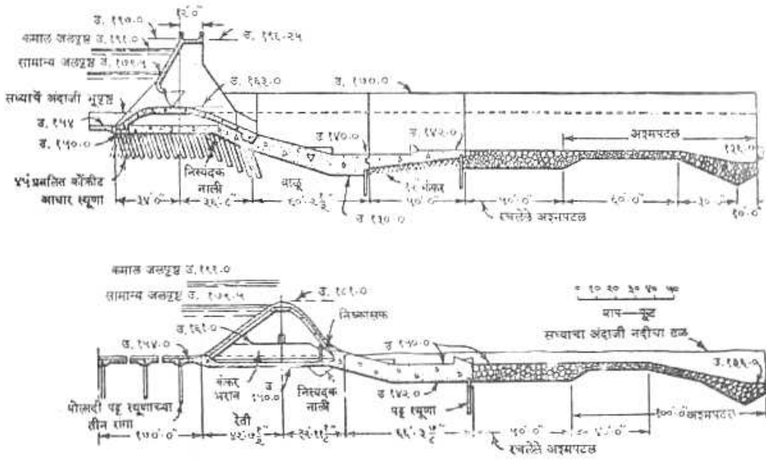
१२. भारवाही स्थूणा

अतिशय कमकुवत पायामध्यें लाकडी, कॉंक्रीटच्या किंवा लोखंडी अशा अनेक प्रकारच्या भारवाही स्थूणांचा वापर करण्यांत आला आहे. कोणत्या प्रकारच्या स्थूणा वापरावयाच्या हे त्या ठिकाणच्या पायांतील द्रव्याच्या गुण-धर्मावर आणि किती लांबीच्या स्थूणा लागतील यावर अवलंबून असते. भारवाही स्थूणांचा विषय फार व्यापक असल्याने या ठिकाणी त्याचा सविस्तर विचार करणें शक्य होणार नाही. याकरितां वाचकांनी अमेरिकन सोसायटी ऑफ सिव्हिल एंजिनिअरिंगच्या सॉइल मेकॅनिक्स विभागाच्या आयोगाचा आणि वॉटरवेज विभागाच्या पाइल फौंडेशनच्या भारवाहक क्षमतेची पहाणी करण्याकरितां नेमलेल्या आयोगाचा अगदी अलीकडील अहवाल वाचावा. काटनाली, स्थूणा, भारवाही स्थूणा अगर अन्य प्रकारच्या कोणत्याहि स्थूणा वापरण्याने पायामध्यें छतसदृश्य परिस्थिती निर्माण होण्याची शक्यता असते. हे टाळण्याकरितां काळजी घेतली पाहिजे आणि या करितां नीर क्रिया न व्हावी म्हणून निस्यंदक नाल्यांची योजना केली पाहिजे. (पहा आकृति १२ आरेखन) आणि जलस्राव मार्गाची लांबी पुरेशी वाढविण्याकरितां धरणाच्या अपरप्रवाही बाजूस (आवरणाची) योजना केली पाहिजे. कांहीवेळां हे दोन्हीहि उपाय अंमलात आणावे लागतात.

जर पायांतील रुंदी वाढविता येणें शक्य असेल तर भारवाही स्थूणा वापरण्याचे टाळावे. दर घन फुटास १०० पौंडांपेक्षा कमी शुष्क वजन असलेल्या पायाकडे फार साशंक दृष्टीनें पाहिले पाहिजे. अशा तऱ्हेच्या पायांतील सुटे द्रव्य सामान्यत: काढून टाकावे.

१३. मातीच्या पायावरील स्खलन.

या पुस्तकांत इतरत्र खुलासेवार सांगितल्याप्रमाणें धरणांचे स्खलन रोखणें अवश्य आहे. ज्या ठिकाणीं माती आणि कॉंक्रिट यांच्यामधील घर्षण-गुणांक कमी असतो त्याठिकाणीं जर उभ्या स्थूणा वापरल्या तर पाण्याच्या दाबाला प्रतिरोध करणें शक्य होतें. अर्थात् त्यावेळीं किंचित् आडवा विक्षेप होईल हें अपेक्षित असते. कांहीं कामांत हे विक्षेपण[1] किती होतें हे पहाण्याकरितां पूर्ण आकाराच्या स्थूणांवर चांचणी घेण्याकरितां पुष्कळ खर्च करण्यांत आला आहे. अर्थात् असा निष्कर्ष बरोबर येण्याकरितां ही चांचणी एकट्या दुकट्या स्थूणेवर न करितां स्थूणा-समूहावर केली जाते.



आकृति ४. इंपीरिअल डॅम. कोलोरॅडो नदी, ॲरिझोना. (परिच्छेद ६, अ. ४०).

काही धरणांचे बाबतींत (आकृति ४ पहा) उतार असलेल्या स्थूणा वापरुन प्रारंभिक स्खलन प्रभावीपणें थांबविण्यांत आले आहे. आकृति ९ प्रकरण १४ त दाखविलेल्या माथीस डाइक धरणांत त्याच्या चवड्याशी आणि मध्यावर वापरलेल्या आडव्या फासळ्या धरणाचे स्खलन रोखण्या करितां मदत म्हणून वापरल्या आहेत.

बांधकामाच्या टाचेपाशी असलेल्या काटबांधाला धरण पूर्णपणें जखडून बंधाऱ्याची स्खलन-प्रतिरोधकता कांहींचे बाबतींत वाढविण्यांत आली आहे.

तळटीप १ एल. बी. फीजिन 'लॅटरल पाईल लोडिंग टेस्टस' ट्रॅ. अ. सो. सि. इं. १९३७, पान २३६.

स्टोर्नी रिव्हर डॅम शेलच्या पायावर आधारित आहे. त्याच्या एका भागातील असा काटबांध आ. २ मध्यें दाखविला आहे. ज्या ठिकाणी धरण चिकण मातीच्या पायावर बांधलेले असते अशा ठिकाणी स्खलनाला प्रतिरोध करण्याकरितां याच पद्धतीचा अवलंब केला जातो. अर्थातच आकृतीत दाखविल्याप्रमाणें काटबांध मुख्य बांधकामाशी चांगल्या प्रकारे जखडून टाकला पाहिजे.

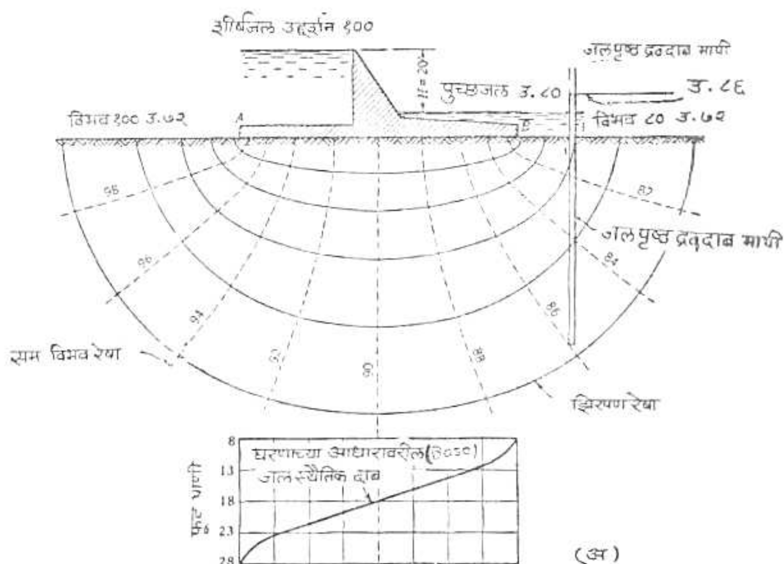
१४. प्रवाह–जाल

(पहा प्र. १३ अ. १२). जलशीर्षाखाली असलेल्या मातीसारख्या सच्छिद्र माध्यमातील क्षरणरेषा आणि समविभवी रेषांच्या आरेखिय निरुपणास प्रवाह-जाल म्हणतात. आकृति ५ अ–मध्यें जलनिःसारण नाल्या अगर काटनाल्या नसलेल्या समधर्मी, समगुणी पायातील नमुनेदार प्रवाहजाल दाखविले आहे. A–B ही धरणातील जलाभेद्य भागाची लांबी आहे. अतूट रेषानी प्रवाहरेषा आणि क्षरणरेषा दाखविल्या आहेत. आणि तुटक रेषांनी समविभवीरेषा दिग्दर्शित केल्या आहेत; वास्तविक प्रवाह जालामध्यें कोणत्याही दोन प्रवाह रेषामधील किंवा दोन समविभवी रेषामधील एकूण क्षेत्र समधर्मी असते. याचाच अर्थ हा कीं, त्याच्या रुंदीचे लांबीशी प्रमाण एकच असते.

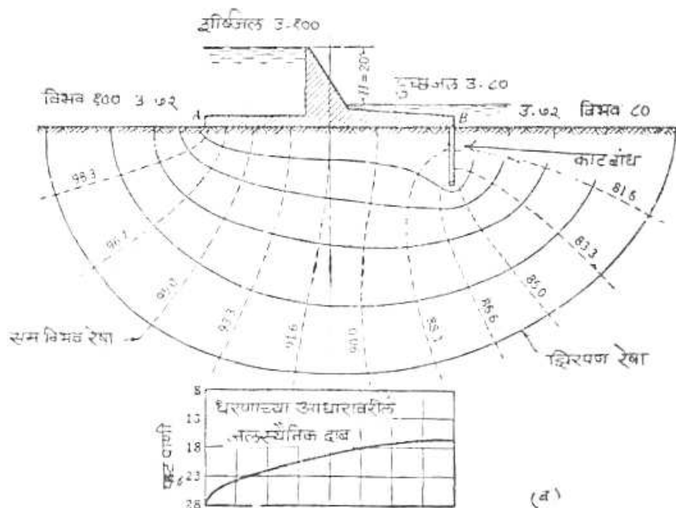
आकृतित दाखविल्याप्रमाणें कुठल्याही बिंदूवर लावलेल्या (दाबमापी) मध्यें ज्या उंचीपर्यंत पाणी चढेल त्या उंचीवरील पातळीला त्या बिंदूचे विभव असे म्हणतां येईल. समधर्मी, समगुणी द्रव्यांचे बाबतींत समविभवी रेषांशी क्षरणरेषा काटकोन करितात. कोणत्याही क्षरणरेषेवरील प्रस्त्रावाची घर्षणहानी त्या धरणांतील पाण्याच्या कोणत्याही दोन समविभवी रेषातील घर्षणामुळें जी शीर्षहानि होते ती त्या दोन रेषामधील विभवांच्या फरकाइतकी असते.

क्षरणरेषांचा आक्रमणमार्ग जितका लांब असेल तितक्या प्रमाणांत समविभवी रेषा एकमेकांपासून दूर होतात. लंबरेषेंत दर फुटांत घर्षणहानी जितकी कमी तितका प्रस्त्रावाचा वेग कमी; आणि दर चौ. फुटास त्याचे वहाण्याचे प्रमाणही कमी असते.

धरणाच्या पायथ्यावरील कुठल्याही एखाद्या बिंदूपाशी असणारा जलस्थैतिक दाब आकृति ५ (अ) मध्यें दाखविल्याप्रमाणें प्रवाहजालावरुन, त्या बिंदूच्या विभवामधून पायथ्याची उंची वजा करून निश्चित करता येतो. या दाबाचे मापन जलशीर्षामध्यें केले जाते व तें फुटांत मोजले जाते. मातीच्या पायावर बांधल्या जाणाऱ्या धरणांत जल स्थैतिक दाबाच्या शंभर टक्के उत्क्षेप होतो असे मानण्यांत येते.



जलपृष्ठ द्रवदाब मापी
उ. ८६
पुच्छजल उ. ८०
विभव १०० उ. ७२
विभव ८० उ. ७२
जलपृष्ठ द्रवदाब मापी
सम विभव रेषा
झिरपण रेषा
धरणाच्या आधारावरील
जलस्थैतिक दाब
फूट पाणी
8
13
18
23
28
(अ)



ऊर्ध्वजल उ. १००
पुच्छजल उ. ८०
विभव १०० उ. ७२
उ. ७२ विभव ८०
काटबांध
सम विभव रेषा
झिरपण रेषा
धरणाच्या आधारावरील
जलस्थैतिक दाब
फूट पाणी
8
13
18
23
28
(ब)

आ. ५

पायामधील सर्व बिंदूतील क्षरणगुण ज्या प्रमाणांत वाढतील त्या प्रमाणांत प्रवाहाचे मान आणि प्रवाहाचा वेगही वाढेल. परंतु प्रवाहजाल आणि धरणावरील उत्क्षेपाचे मान यात फरक होणार नाहीं.

सामान्य परिस्थितिमानात प्रवाहजाल विश्लेषणात्मक पद्धतीनें निश्चित करता येते. परंतु कांही वेळां पायांत खालील परिस्थिती आढळून येते. तेथें अनेक काटनाल्या असतात. भिन्न भिन्न क्षरणगुणांची भिंगे असतात. आणि इतर प्रकारच्या गुंतागुंतीची परिस्थिति अस्तित्वांत असते. अशा ठिकाणच्या प्रवाह-जालाची निश्चिति विद्युत् सादृश्य प्रतिमान चांचणीच्या साहाय्याने करण्यांत येते.

या चांचणीचे आधारभूत तत्त्व हे आहे की सच्छिद्र द्रव्याचे बाबतीतला जलप्रवाहविषयक डार्सीचा नियम व विद्युत् प्रवाह विषयक ओहमचा नियम हे एक सारखे असतात. याचाच अर्थ हा की, या प्रत्येक बाबतीत विभव–हानी प्रवाहाचे अंतर आणि वेग यांच्याशी सम प्रमाणांत असते.

द्विमितीय अभ्यासाकरितां आपणाला फक्त पायाच्या आडव्या छेदाच्या आकारासारखा एक सपाट विद्युत् संवाहक बसवावा लागतो. आणि त्याच्या निरनिराळ्या भागांची सापेक्ष संवाहकता पायाच्या सापेक्ष क्षरणगुणाइतकीच असावी लागते. त्याचे एक अग्र जलशीर्षदाब व दुसरे जलपुच्छदाब दाखविते; जलशिर्षअग्र व संवाहकावरील कोणताही बिंदु यामधील विद्युत्विभवाच्या हानीची टक्केवारी ही जलविभव आणि पायांतील संबंधित बिंदु यांच्यामधील टक्केवारीशी मिळतीजुळती असते.

एका उथळ बशीमध्यें मीठ, अमोनियम क्लोराईड किंवा अन्य योग्य प्रकारच्या संवाहकाचे द्रावण वापरून, संवाहकतेमध्यें ज्या प्रमाणांत फरक हवा असतो त्या प्रमाणांत द्रावणाच्या खोलीत बदल करून ही चांचणी करता येते. (पहा परि. ३, ८, १० आणि १२.)

या साधनानी समविभवी रेषा प्राप्त करून, समविभवी रेषाशी क्षरणरेषा चौरस करतील अशा रितीने रेखाटण्यात येतात. वाळूच्या लहान, समधर्मी प्रतिमानांच्या साहाय्यानेही प्रवाहजाल रेखांकित करता येते. यावेळी निर-निराळ्या बिंदूचे विभव मोजण्याकरितां दाबमापी वापरण्यांत येतात. जर वाळूच्या प्रतिमानाची एक बाजू काचेची असेल तर पाण्याच्या प्रवेशाच्या पृष्ठतलावर निरनिराळ्या ठिकाणी रंग मिसळून क्षरणरेषा प्रत्यक्ष डोळ्यांनी पहाता येतात. मात्र क्षरणरेषा अगर समविभवी रेषांची माहिती दिली असेल

तर प्रवाहजाल तयार करतां येते. आदिरुपांत जे द्रव्य असते तेंच प्रतिमानांत वापरण्याची जरुरी नसते. मात्र सर्व ठिकाणी त्या दोन्हींचा सापेक्ष क्षरणगुणांक सारखा असला पाहिजे. वाळूच्या प्रतिमानांतील द्रव्याच्या लहानांत लहान कणाचा प्रभावी[२] आकार ०.७ मि. मि. पेक्षां लहान असू नये. कारण जर तो आकार लहान असेल तर केशाकर्षणामुळे होणारे निरुपण टाळतां येणार नाहीं. त्याचे सर्वांत जाड कण डार्सी नियमाचे अनुकरण करतात की काय याचीहि चाचणी घेणे इष्ट आहे.

डार्सी नियमाचे पालन होईल अशा बारिक तबकड्या ठेवून त्यांतून वहाणाऱ्या प्रवाहाचाही उपयोग प्रतिमान चांचणी म्हणून करण्यांत येतो. (प्र. ११ अ. ४० पहा). क्षरणरेषात रंग मिसळूनही त्या दिसतील अशा करणें शक्य आहे.

पायाच्या क्षरणगुणाची चांचणी करणाच्या पद्धतीची माहिती प्र. १६, अ. २२व्या आणि इतर अनुच्छेदांत दिली आहे ती पहावी.

अवसादी मातीतील क्षरणक्षमता उभ्या दिशेपेक्षां आडव्या दिशेने नेहमी पुष्कळच (५ ते १५ पट) जास्त असते. त्यामुळें प्रवाहजालांत बराच फरक पडतो आणि नीरक्रियेचा धोका वाढतो. आजपर्यंत तयार केलेल्या कुठल्याही प्रतिकृतीत ही परिस्थिती जशीच्या तशी निर्माण करतां आलेली नाहीं. तरी-सुद्धां प्रतिकृतिचे आडवे माप तिच्या उभ्या मापाच्या "p" टक्के ठेवून चांचणी घेता येते. येथे "p[३]" चे प्रमाण खालील समीकरणाने काढता येते.

$$p = \sqrt{\frac{K_v}{K_h}}$$

K_v म्हणजे उभ्या दिशेच्या क्षरणाचा गुणांक म्हणजेच एकांक क्षेत्रांतून घर्षणाच्या एकमानी उतारानें निर्माण होणाऱ्या निःसारणाचे मान, K_h म्हणजे तत्सदृश आडव्या दिशेचा गुणांक.

चाचणी आणि आलेखन केल्यावर आदिरूपाची अवस्था येण्याकरितां प्रतिमान-चित्राची आडव्या दिशेची मापे आणि प्रवाहजाल p या प्रतिशताने विभागण्यांत येते.

ज्या ठिकाणी जलाभेद्य द्रव्यापर्यंत काटमार्ग बांधता येईल अशी शक्यता नसते अशा सर्व महत्त्वाच्या धरणांच्या बाबतींत प्रवाहजाल निश्चित करणें जरुरीचे असतें.

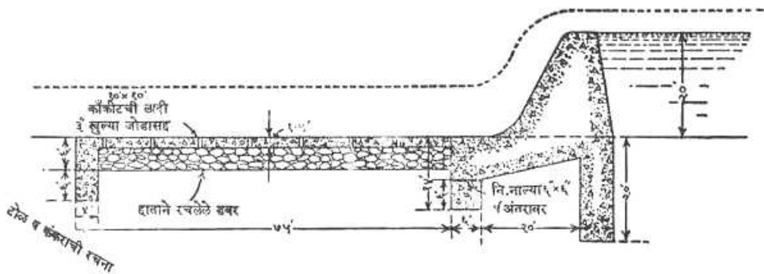
तळटीप २. ज्याचा आकार ९० टक्क्यापेक्षा मोठा व १० टक्क्यापेक्षा लहान असा.
३. ए. कॅसाग्रांड (ए. फ. सॅमसिओ नंतर) ट्रॅ. अ. सो. सि. इं. १९३५ पा. १२९२.

प्रवाहजालांत दाखविलेली सर्वांत आखूड क्षरणरेषा म्हणजे "सर्वांत आखूड क्षरणमार्ग" होय. धरणाचा पायथा आणि कांटमार्ग यांचा पायाशी जेथे संयोग होतो त्या ठिकाणच्या रेषेला ब्लाय आणि लेन या तज्ज्ञांनी सर्पण-रेषा अशी संज्ञा दिली आहे. अनुच्छेद १८ मध्यें यासंबंधी विस्तृत चर्चा केली आहे. पायाच्या इतर भागापेक्षा सर्पण–रेषा जर जास्त क्षरणशील असेल तर त्या ठिकाणी समधर्मीय प्रवाहजल लागू करता येणार नाहीं. कारण तेथे क्षरण सर्पण–रेषेच्या मार्गाने होऊ लागेल. "क्षरण–मार्ग" ही संज्ञा येथे सर्वसाधारण अर्थानें वापरण्यांत येईल. कारण ज्या लक्षणांचा परिणाम क्षरणमार्गावर होईल ती लक्षणें समधर्मीय पाया आणि सर्पणरेषा या दोन्हींच्या सिद्धांतांतही लागू पडतील. समपरिस्थितीत क्षरणमार्ग जर लांब असेल तर तेथें गळतीचे प्रमाण कमीं होईल आणि त्यामुळें नीरक्रियेची संभाव्यता कमी होईल. 'क्षरण मार्गाच्या लांबीचा उत्क्षेपावरील परिणाम' यासंबंधीचा खुलासा अ. १७त केला आहे.

धरणाच्या वरच्या बाजूस आणि खालच्या बाजूस अंचल वापरून अगर एक किंवा अनेक काटमार्ग बांधून किंवा या सर्वांच्या संयोजनानें क्षरणमार्गाची लांबी पाहिजे तेवढी वाढवितां येते. यासंबंधी अधिक व्यापक विवेचन पुढें केले आहे. विविध प्रकार आणि त्यांची संयोजना या गोष्टी सुचविल्या गेल्या व त्याप्रमाणें बांधकामही करण्यांत आले आहे. या बाबतींत आधुनिक प्रथेसंबंधी पुढें उहापोह करण्यांत येत आहे.

१५. मातीच्या पायामधून होणारे झिरपण

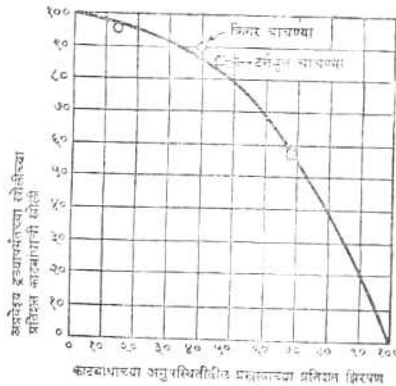
ज्या ठिकाणीं बंधाऱ्याचा पाया मातीवर आधारलेला असतो तेथें थोडेसे झिरपण होणें अपेक्षित असतें. साठविलेल्या पाण्याच्या व्ययामुळेंच नव्हे तर



आकृति ६. ग्रॅनाइट रीफ धरण – सॉल्ट नदी, ॲरिझोना.
("वॅग्मनचे" दि डिझाईन अँड कन्स्ट्रक्शन ऑफ डॅम्स.")

प्रामुख्याने झिरपणामुळेंच नीरक्रियेचा धोका निर्माण होण्याची शक्यता असल्या-मुळें पायातून अपरिमित झिरपण होणें आपत्तिजनक असते. जलाभेद्य दगडा-पर्यंत अगर स्तरापर्यंत काटबांध बांधून किफायतशीरपणें झिरपणाचे मान कमी करतां येते. तसेच पूर्वी वर्णन केल्याप्रमाणें क्षरणमार्गाची लांबी वाढवून ते कमी करणें शक्य असतें.

गढूळ प्रवाहातून वाहून आलेली माती जलाशयाच्या तळाशीं बसते. त्यामुळें पायांतील छिद्रें पुष्कळवेळां बंद होतात आणि झिरपणाचे मानही कमी होते. आकृति ६ मध्यें दाखविलेले ग्रॅनाइट रीफ धरण गोटे आणि लहान दगड यांच्या पायावर बांधलेले आहे. तेथें धरणांतील क्षरण मार्गाची लांबी धरणांतील जलशीर्षाच्या, अंदाजे फक्त तिप्पट होती. धरण चालू केल्यावर सुरुवातीला त्यांतून खूपच झिरपण होत होते. पण नदीतून मोठ्या प्रमाणांत वाहून आलेल्या गाळ मातीने ते लवकरच बंद झाले. धरणाखालील जलाभेद्य स्तरापर्यंत काटमार्ग पूर्ण-पणें बांधल्याशिवाय तो कार्यक्षम होत नाहीं. लेखकानें संशोधनात्मक चाचणी करुन आणि नेब्रास्कातील किरस्ले धरणावर टर्नबुलने केलेल्या चांचणीच्या परिणामावरुन केलेले आलेखन आकृति ७ मध्यें दाखविले आहे. आणि त्यांत झिर-पण आणि काटमार्गाची खोली यांचे परस्पर संबंध दाखविले आहेत. लेखकाच्या चांचणींत धरणाच्या रुंदीचे क्षरणक्षम द्रव्याच्या खोलीशी गुणोत्तर १.४ आहे, असें दिसून आलें; तर तेंच किग्ज़्लेधरणाच्या बाबतींत १४ असल्याचे आढळले.



आकृति ७

आकृति ७ वरुन जलाभेद्य द्रव्यापर्यंतच्या अंतराच्या ९० टक्के इतके अंतर व्यापिलेला काटबांध बांधण्यांत आला होता. तरीहि काटबांद नसतांना जितके झिरपण झाले असते त्याच्या ३५ टक्के झिरपण काटबांध बांधूनहि झाले असे दिसून येते.

जर पायाच्या क्षरणगुण "K" ज्ञात असेल तर प्रवाहजालाच्या साहाय्यानें बंधाऱ्याच्या कोणत्याही लांबीतून झिरपण किती होईल हे काढता येते. कॅसाग्रँडने असे दाखविले[४] आहे कीं, प्रवाहजाल जर चौरसांचे बनलेले असेल तर दर सेकंदाला होणाऱ्या झिरपणांतील घट खालील समीकरणाने प्राप्त करणें शक्य आहे.

$$Q = \frac{LKH_s}{60} \qquad [४]$$

येथे Q= दर सेकंदास होणारा प्रस्राव—घ. फूट.

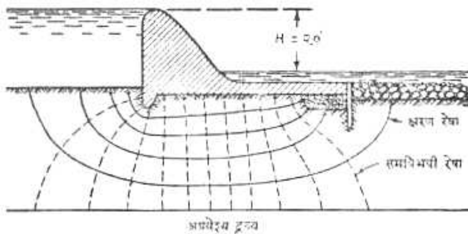
L= धरणाची लांबी——फूट.

K= द्रव्याचा दर मिनिटास दर चौ. फूट क्षेत्रातून होणारा क्षरण गुणांक–घ. फूट.

H= धरणावरील जलशीर्ष—फूट.

s= एकमेकाला लागून असलेल्या कोणत्याही दोन समविभवी रेषातील चौरस आणि एकमेकांच्या शेजारी असणाऱ्या दोन क्षरणरेषातील चौरस यांचे प्रमाण.

उदाहरणार्थ, क्षरणगुणांक K जर एकांक उतारामुळें पायाच्या दर मिनिटास, दर चौ. फुटात होणाऱ्या निःसारणाइतका असेल तर दर चौ. फुटात लांबीत घर्षणहानी "एकांकच" होईल.



आकृति ८. झिरपण मापनाकरता तयार केलेल्या प्रवाह – जालाचे उदाहरण

आकृति ८ मध्यें शेजारील दोन समविभवी रेषांत पांच चौकटी आहेत. आणि क्षरण रेषांच्या एकमेकांजवळच्या दोन रांगात चौकटी १२ आहेत.

तळटीप ४. तळटीप ३, पृष्ठ १२९०, प्रमाणे

म्हणून $s = \frac{५}{१२} = ०.४१६$

जर $K = ५०\times१०^{-४}$ घ.सें.मी. दर चौ.सें.मि.स[५] आहे असे धरले आणि त्याचे घन फुटास रूपांतर केले तर ते---

$$K = \frac{५०\times६०}{१००००\times३०.४८} = ०.००९८४ \text{ दर मि. स दर चौ. फू. स. घनफूट}$$

इतकें होतें.

आणि जर $H = २०$ फूट आणि $L = ५००$ फूट असेल तर दर सेकंदास अपेक्षित प्रस्राव.

$$Q = \frac{५००\times०.००९८\times२०\times०.४१६}{६०} = \text{द. सें. स. ०.६८ घ. फूट होईल}$$

प्रवाहजालाचे साहाय्याखेरीज झिरपणाचे संगणन करणें फार कठीण आहे. अ. ४० मधील विशेषतः प. ३, ७ आणि ८ मधील माहितीचा अभ्यास करून आणि विचाराधीन परिस्थितीशी जास्तीत जास्त समान अशा परिस्थितीतील प्रवाहजालाच्या माहितीचे दुसरें मार्गही चोखाळून त्याला समीकरण ४ लावणें हा उत्तम मार्ग होय.

प्रकरण १ मध्यें सुचविल्याप्रमाणें क्षरणक्षमतेची चाचणी केलेली नसेल पण त्या द्रव्याचे यांत्रिक विश्लेषण करून गुणधर्माची अंदाजी माहिती ज्ञात झाली असेल तर प्रकरण १६ क्र. २ च्या सारणीवरुन क्षरणगुणांक घेतां येईल. निरनिराळचा द्रव्यांचा प्रभावी आकार व सच्छिद्रता या गोष्टी समान असल्या तरी त्यांच्या क्षरणगुणांकांत कित्येक प्रतिशत् फरक पडत असल्याने या गुणांकांत ज्यास्त बिनचुकता प्राप्त होणे शक्य नसते.

१६. नीरक्रिया

व्याख्या---बंधाऱ्याच्या खालील मातीतून बाहेर येणाऱ्या क्षरणजलाच्या वेगामुळें पायातील द्रव्यांची जी हालचाल होते तिला नीरक्रिया असें संबोधण्यांत येते. द्रव्यांतील निरनिराळ्या आकाराचे मृत्कण उचलण्यास (क्षरणजलाची) गति किती लागेल हे निश्चित करण्याची अनेक सूत्रें लिहिली गेली आहेत. परंतु ज्यावेळीं पायांतील कोणत्याही बिंदूवर क्षरणजलाचा दाब, क्षरणजलाच्या समविभवी रेषांनी दर्शविल्याप्रमाणें, त्या बिंदूवरील मातीच्या संपृक्त वजनापेक्षा जास्त असतो त्यावेळी "प्रारंभिक" नीरक्रिया सुरू होते. या अवस्थेत ती

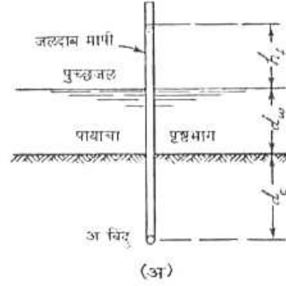
तळटीप ५ प्रयोगशाळेतील नेहमीचे नामाभिधान.

माती अतिसंपृक्त, शीघ्रवाही आणि कोणतेही वजन संभाळण्यास असमर्थ होते; आणि प्रत्यक्ष नीरक्रिया होणें अपरिहार्य असते. म्हणून त्या अवस्थे-संबंधीच बंधाऱ्याचे अन्वेषण करणें जरुरीचे असते.

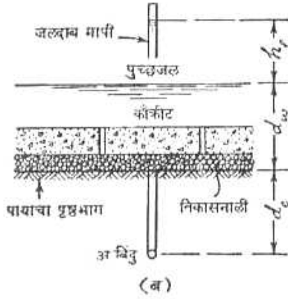
ज्यावेळीं क्षरणजल बाहेर पडते त्यावेळीं आकृति ९ अ मधील "अ" या बिंदूप्रमाणें जमिनीच्या पृष्ठतलाखालील सर्व बिंदूच्या अस्थिर अवस्थांच्या करितां अन्वेषण करावे.

अ या बिंदूजवळ एकांकी उपरी दाब पायझोमीटरमध्यें पाणी ज्या उंचीपर्यंत चढेल त्या उंची इतका असतो. किंवा.

उपरी दाब =६२.५ $(d_e + d_w + h_f)$ h_f हा जमिनीचा पृष्ठतल आणि 'अ' बिंदु यांच्यामधील घर्षणहानी दाखवितो. 'अ' बिंदूच्या जवळ एकूण अधोमुखी दाब हा 'अ' बिंदूवरील मातीचे एकूण वजन आणि त्यावरील पाण्याचे वजन या दोन्हींच्या बेरजे इतका असतो. म्हणून



(अ)



(ब)

आकृति ९

अधोमुखी दाब = ६२.५ d_w + ६२.५ $d_e + wd_e$
w = मातीचे निमज्जित वजन.

साम्यावस्थेकरितां ही समान असली पाहिजेत. किंवा wd_e = ६२.५ h_f असें असलें पाहिजे. म्हणजेच अ बिंदूवरील मातीचे निमज्जित वजन हे अ हा बिंदू आणि जमिनीचा पृष्ठतल यांच्यामधील घर्षणबलाइतके असले पाहिजे.

निमज्जित पाण्याच्या दर घनफुटाच्या ६२.५ पौंड अंदाजी वजनाकरितां $d_e = h_f$ असतो. नीरक्रिया होऊ नये म्हणून सुरक्षागुणांक

$$S = \frac{d_e}{h_f} \text{ असला पाहिजे.} \qquad [५]$$

h_f/d_e म्हणजेच घर्षण प्रवणता असल्याने आणि अ बिंदू व जमिनीचा पृष्ठतल यातील वर्चसीय हानी इतका h_f हाच असल्यामुळें ५ क्रमांकाचे समीकरण दोन तऱ्हेने मांडता येते. आणि योजक या दोन्हींचा उपयोग करतात.

(१) पायांतील कोणताही बिंदु आणि पृष्ठतल यामधील घर्षण प्रवणता ही एकापेक्षा कमी असली पाहिजे.

(२) पायांतील कोणताही बिंदु आणि पृष्ठतल यांमधील वर्चसीय हानी ही पृष्ठतलापर्यंतच्या अंतरापेक्षां कमी असली पाहिजे.

पायाच्या पृष्ठतलावर जर काँक्रीट अगर इतर द्रव्य नसेल तरच त्या अवस्थेंत वरील विश्लेषण लागू पडते. जेव्हां धरणांतील काँक्रीट किंवा खालच्या बाजूचें आवरण हें मातीवर प्रत्यक्ष टाकलेले असतें तेव्हां अनुच्छेद १४ आणि १७ मध्यें स्पष्ट केल्या प्रमाणें ती फक्त उत्क्षेपाच्या दाबाच्या संतुलनाची बाब असते.

धरणाखाली ज्यावेळी निःसारण नाली ठेवलेली असते किंवा प्रवाहाभिमुख अंचल बसविलेला असतो तेंव्हां निःसारण नालीजवळ धरणाचा पायथा उत्क्षेप-शून्य असतो. परंतु, पूर्वी विवेचन केल्याप्रमाणें पायांतील प्रत्येक बिंदुचे त्या-मधून होणाऱ्या आरंभिक नीरक्रियेकरितां अन्वेषण केलें पाहिजे. याचाच अर्थ हा कीं, नीरक्रिया होऊ नये म्हणून निःसारणनाल्या भारान्वित केल्या पाहिजेत.

आकृति ९ ब मध्यें प्रातिनिधिक अवस्थांचे निदर्शन केले आहे. आणि आकृति ९ अ करितां जे विश्लेषण पूर्वी केले आहे ते आकृति ९ ब करि-ताही काटेकोरपणे लागू पडते. मात्र यावेळीं नाली आणि काँक्रीट यांचे निमज्जित वजन विचारांत घेतले पाहिजे. आरंभिक नीरक्रिया म्हणजेच नालीचे खाली मातीचे शीघ्रवहन होऊ नये म्हणून आवश्यक सुरक्षितेकरितां परिणामकारक समीकरण खालीलप्रमाणें असावें.

$$S = \frac{\dfrac{d_e + \bar{w}}{62.5}}{h_f} \qquad [५ a]$$

ज्या पायाचे बाबतीत आडव्या आणि उभ्या क्षरणगुणांचे गुणोत्तर हें पक्के निश्चित केलें आहे आणि प्रतिमानाच्या साहाय्यानें ज्याचीं चांगल्याप्रकारें चाचणी करण्यांत आलेली आहे अशा पूर्णपणें अन्वेषण केलेल्या एकजिनसी पायाकरितां सुरक्षागुणक S हा ४ असावा अशी लेखकांची शिफारस आहे. पायाच्या वैशिष्ठ्यासंबंधी माहिती मिळविली असल्यास अगर तशी ती उपलब्ध नसल्यास त्या त्या परिस्थितीनुरूप आणि (वैज्ञानिकाच्या) तारतम्यानुसार हा सुरक्षागुणक ४ पेक्षांही जास्त ठेवावा लागतो. पायाची प्रतिमान चांचणी

केली आहे अगर नाहीं यावर आणि तसेंच विशेषतः पाया स्तरयुक्त आणि भिंगे असलेला सापेक्षतेने क्षरणक्षम असा खडक असेल तर त्या परिस्थितीतही सुरक्षागुणक जास्त ठेवावा लागेल. असमाधानकारक परिस्थितींत सुरक्षागुणक १० किंवा त्याच्या पेक्षाहीं जास्त ठेवला तर तो अतिशय आहे असे म्हणतां येणार नाहीं.

पुढें असे दाखवून देण्यांत येईल कीं, जलनिःसरणाचे योग्य प्रकारे नियंत्रण करून असे सुरक्षागुणक सुलभरितीने प्राप्त करतां येतात.

समविभवी रेषा जितक्या एकमेकांच्या जास्त जवळ असतील तितका क्षरणवेग जास्त वाढेल आणि सरळ लंब रेषेंत विभवहानीही जास्त होईल. आकृति ५ अ मधील अन्वेषणाकरितां वापरलेल्या साध्या उदाहरणावरून असे दिसून येईल कीं, समविभवी रेषा A आणि B जवळ इतर ठिकाणा-पेक्षां जास्त चिकटून आहेत. अर्थात हे उदाहरण अभिकल्पनेकरिता म्हणून शिफारस केलेले नाहीं. ज्या ठिकाणीं पाणी एकाद्या आकस्मिक येणाऱ्या वळणाच्या बाजूनें वहाते अशा प्रत्येक उदाहरणाला वरील परिस्थिती लागू पडते म्हणजे अशा जागी तुलनेनें विभवहानीचे मान आणि क्षरणवेग फार जास्त असतो. ज्या ठिकाणी पाणी वळण घेते त्याच बिंदूवर तत्त्वतः हा परिणाम अपरिमित प्रमाणांत होत असतो.

जेथे प्रवेश्य पृष्ठतलावर आणि पायांतील द्रव्याची हालचाल होऊं शकत नाहीं व त्याच्या हालचालीला कोठें वावही नसतो अशा ठिकाणी ही बाब तितकीशी काळजी करण्यासारखी नसते. परंतु, ज्या ठिकाणी बंधाऱ्याच्या खालून प्रवाहजाल बाहेर पडते त्या ठिकाणीं भाव नीरक्रिया होण्याची परि-स्थिती निर्माण होते.

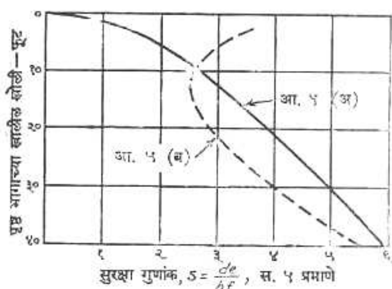
आकृति ५ (अ) मध्यें 'B' या बिंदुपाशी प्रवाहाचा वेग जास्त असल्यानें तेथे नीरक्रिया नक्की होईल.

बंधाऱ्याच्या खालच्या बाजूस आकृति ५ (ब) मध्यें दाखविल्याप्रमाणें काटबांधाची जोड देऊन नीराक्रियेच्या बाबतींत या सैद्धांतिक अवस्थांत सुधारणा करतां येते, कारण, हा जास्त वेगाचा प्रवाह काटबांधाचे खाली वळविता येतो.

परंतु हें लक्षांत ठेवले पाहिजे कीं, खालच्या काटबांधामुळें खालच्या बाजूच्या आवरणावर मोठ्या प्रमाणांत उत्क्षेप निर्माण होतो आणि ही अवस्था आक्षेपार्ह आहे. उलटपक्षी ज्या ठिकाणीं प्रमाणित निःसारण योजना अंमलांत

आणलेली नसते त्या ठिकाणीं पृष्ठतलातून बाहेर येण्याच्या प्रवाहाचा वेग कमी करण्याकरितां कांही खोली पर्यंत तरी चवडयाजवळ काटबांधाची तरतूद करणें अत्यंत जरुरीचे आहे.

आकृति १० मध्यें दोन्ही प्रकारच्या अभिकल्पामधील तुलनात्मक सुरक्षितता दाखविली आहे. आकृति (५अ) मध्यें नीरक्रियेविरुद्ध असणारा सुरक्षा गुणांक जमिनीच्या पृष्ठावर शून्य असून जसजसी त्याच्या खालची खोली वाढते तसतसा तो ही वाढतो. आणि आकृति (५ ब) वरून जमिनीच्या १३ फूट खाली तो कमींत कमीं २.५ असून इतर ठिकाणीं त्या पेक्षांही तो जास्त आहे असे दिसून येते.



आकृति १०

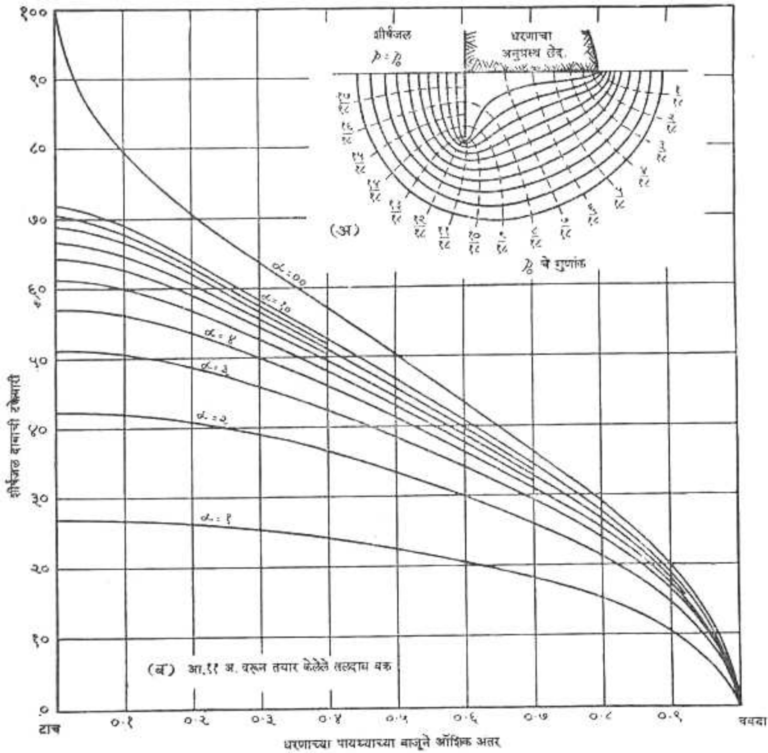
आकृति ५ ब मधील काटबांधाचा असाही फायदा होतो कीं, बंधाऱ्यावरून पडणाऱ्या पाण्यामुळें त्याच्या (धरणाच्या) चवडयाजवळ होणाऱ्या धूपापासून त्याचें संरक्षण होते. म्हणून संभाव्य धूपाची प्रतिमानामध्यें चाचणी करून ज्या खोलीपर्यंत धूप होण्याची शक्यता असते त्यापेक्षाही जास्त खोलीपर्यंत हा काटबांध बांधला पाहिजे.

१७. उत्क्षेप

पूर्वीच्या प्रकरणांत उल्लेख केल्याप्रमाणें बंधाऱ्याच्या बांधकामांच्या सुरक्षिततेची निश्चिति करतांना त्याच्या पायथ्यावर होणाऱ्या उत्क्षेपाचा विचार केला पाहिजे. उत्क्षेप किती प्रमाणांत होईल हे प्रवाहजालाच्या साहाय्यानें अ. १४ मध्यें निश्चित केले आहे. जर अशा ठिकाणी सादृश्य प्रतिमान चाचणी केली नसेल तर अ. १५त दाखविल्या प्रमाणें तत्सम अभिकल्पामधील प्रवाहजालांची तुलना करून त्यावरून उत्क्षेप किती प्रमाणांत होईल हे पाहिले पाहिजे. ज्या जागी पायाचें परिपूर्ण अन्वेक्षण केलेले नसेल आणि जेथें निरनिराळ्या क्षरण गुणकांची भिंगे असतील अगर विषम अवस्था अस्तित्वात असतील त्या जागी सुरक्षितता गुणांक भरपूर प्रमाणांत ठेवला पाहिजे.

बंधाऱ्याच्या पायथ्याशी आणि आवरणाजवळ फक्त उत्क्षेपाचाच विचार करून भागत नाहीं. तर पायांतील खोल असलेल्या बिंदूवरील उत्क्षेपाचाही

विचार करावा लागतो. उदाहरणार्थ, ज्या बंधाऱ्याच्या अगर आवरणाच्या खाली पुरेशा प्रमाणांत नाली ठेवली असेल तेथे त्याच्या पायथ्याशी उत्क्षेप निर्माणच होणार नाही. तथापि पायथ्याच्या कांहीं फूट खाली असलेल्या बिंदूवर जलस्थित दाब अस्तित्वांत असतोच. पूर्वी उल्लेख केल्या प्रमाणें, त्याच्यामुळें त्याच्यावरील संपृक्त मातीचे वजन आणि तसेच आवरण आणि त्यावरील पाण्याचे वजनही वर उचलले जाईल. याचाच अर्थ असा की सर्व निस्यंदन नाल्या पुरेशा भारान्वित केल्या पाहिजेत. धरणाखालील अंचलावर उत्क्षेपाचे जे मान राहील तितक्याच मानाचे अंचल आणि त्यावरील पाण्याचे वजन असले पाहिजे. मात्र या प्रकरणाच्या अ. २६ ते ३९ मध्यें वर्णन केल्याप्रमाणें उप्लवित पाण्याच्या जोरामुळें अंचलावरच्या पाण्याची खोली कमी होण्याची शक्यता असते हे लक्षांत ठेवणें जरूर आहे.



आकृति ११. टाचेच्या जवळच्या काटबांधाकरता प्रवाहजाल (एल. एफ. हार्झा, ट्रँ. अ. सो. इं., १९३५, पा. १३६७).

क्षरण मार्गाची लांबी वाढविण्याकरितां खालच्या बाजूस जे आवरण घालण्यांत येते त्यामुळें धरणावरील उत्क्षेपांत वाढ होते. ती धरणाच्या वरच्या बाजूस कांठबांध ठेवून अगर आवरण घालून कमी करतां येते. गणितीय पद्धतीने मि. वीव्हर (प. ८ अ. ४०) यांनीं माहिती गोळा केली आणि ती आकृति ११ मध्यें रेखांकित केली आहे. निस्पंदन-नाल्या नसलेल्या धरणाच्या असीमित खोलीच्या क्षरणक्षम पायावरील उत्क्षेपावर वरच्या बाजूस एकाच काटबांधाचा काय परिणाम होतो हे यावरून दिसून येते. या आकृतीत धरणाच्या पायथ्याची रुंदी आणि अंचल व कांटबांधाची खोली यांचे परस्परांशी प्रमाण '∝' या अक्षराने दाखविले आहे. ज्यावेळीं कांटबांध अस्तित्वात नसतो त्यावेळी '∝' चे मूल्य अनंत असते; आणि हे आ. ५ (अ) शी जुळते. पायाच्या टाचेच्या खालच्या बाजूत सापेक्षतेने क्षरणक्षम द्रव्याच्या भिंगामुळें तेथील उत्क्षेपाचे मान कमी होते. पण हेच भिंग जर टांचेच्या वरच्या बाजूस असेल तर त्यामुळें उत्क्षेपांत वाढ होते. उत्क्षेपक्षम पायांत मेढे रोवून अंचल खालच्या बाजूस घट्ट बांधून त्याची जाडी कमी करता येते.

१८. सर्पण-रेषा

श्री. लेन यांनी (स. ७ अ. ४०) श्री. ब्लाय यांचा सर्पण रेषासंबंधीचा सिद्धांत सुधारून[६] असे दाखविले आहे की सर्पण रेषेवरून म्हणजेच धरण आणि काटबांध आणि पाया यामधील संपर्क रेषेवरून क्षरणाला होणारा प्रतिकार प्रत्यक्ष पायातील द्रव्याच्या मधून होणाऱ्या प्रतिकारापेक्षां कमी असतो. कारण त्या ठिकाणी गाढ संपर्क होण्यास अडचण पडते. म्हणजेच या आधारविधानाप्रमाणें हा प्रवाह सर्पण रेषेवर केंद्रित होतो आणि त्यामुळें त्याचा निर्गमन वेग समधर्मगुणी पायाच्या प्रवाहजालाने दर्शविलेल्या वेगापेक्षां जास्त होतो. विषम अवस्थापन आणि ज्या ठिकाणी मेढे वापरले आहेत तेथील सामान्य अवस्थापन यामुळें धरण व पाया यामधील संपर्क कमी होतो. यालाच छप्परबंदी असे म्हणतात.

छप्परबंदीचे यथार्थ स्वरूप आणि काटबांध व पाया यांचेमधील विक्षोभाचे स्वरूप अनिश्चित असते ही वस्तुस्थिती असल्यामुळें पायातील द्रव्याचे गुणधर्मानुसार सर्पण रेषेची लांबी आणि धरणांतील जलशीर्ष यातील किमान सर्पण गुणोत्तर किती असावे यासंबंधी ब्लायनें खालील शिफारस केली आहे. अनेक फुटलेल्या व सुरक्षित असलेल्या बंधाऱ्यांचें निरीक्षण करून त्यावर श्री. ब्लाय यानी आपली सर्पण गुणोत्तरासंबंधीची ही शिफारस आधारित केली आहे.

तळटीप ६ सच्छिद्र-पायावरील धरणे, बंधारे आणि बांध—इं. न्यू. डिसेंबर २९, १९१०

श्री. लेन यानीही तोच सामान्य सिद्धांत स्वीकारून आणि अशा प्रकाऱच्या अनेक धरणांचा अभ्यास करून असे सुचविले आहे कीं, पाया आणि उतार यांच्यामधील आडव्या दिशेने होणाऱ्या संपर्काचा कोन ४५° पेक्षा जास्त सपाट असतो. अशा ठिकाणी घनिष्ठ संपर्क होण्याची शक्यता कमी असते म्हणून भारित सर्पण रेषेचा वापर करावा. त्याच प्रमाणें खड्या आणि उतारांच्या संपर्क मुल्यांच्या मानानें हें प्रमाण $\frac{1}{3}$ धरावे. याचाच अर्थ असा कीं, धरणाचा पायथा आणि काटबांध यांच्या बाजूने जाणाऱ्या सर्व खड्या उभ्या संपर्काच्या आणि सर्व उथळ आणि आडव्या शीर्ष आणि पुच्छ जलाच्या $\frac{1}{3}$ संपर्क रेषा यांची बेरीज म्हणजेच लेन यांची संपर्क रेषा होय.

जर दोन काटबांधांच्या तळातील अंतर त्या दोन्हीमधील भारित सर्पण रेषांच्या अंतरापेक्षां निम्मे असेल तर त्यांच्यामधील वास्तविक सर्पणाच्या ऐवजी त्यांच्यामधील अंतराच्या दुप्पट अंतर वापरावे. मि. लेन यांनी शिफारस केलेल्या भारित सर्पणरेषांचे गुणोत्तर किंवा भारित सर्पणाचे रेषेच्या अंतराचे शीर्षाशी गुणोत्तर सारणी ३ मध्यें स्तंभ एक मध्यें दिले आहे. अर्थातच विशिष्ट परिस्थितींत या गुणोत्तरांत काही फरक करावा लागतो. मि. लेन यांची सर्पणरेषापद्धती सर्व ठिकाणी जशीच्या तशी स्वीकृत केलेली नाहीं. ज्यांचे बाबतींत प्रवाहजालाचे विश्लेषण प्रथम प्रतिमान चाचणी करून केलेले आहे व त्या आधारावर ज्यांचे संकल्प चित्र केले आहे आणि ज्यांत नीर क्रिया होऊ नये म्हणून नाल्याची[७] भरपूर तरतूद करून प्रस्तावाची काळजी घेण्यांत आली आहे, अशा धरणांचे बाबतीत मुख्य मुद्यावर बरीच मतभिन्नता दिसून येते.

मि. लेन यांच्या प्रबंधावर झालेल्या चर्चेच्या वेळीं (ज्या मुद्यावर) विश्लेषण झाले नव्हते त्यावर लेखकांनी खालील प्रमाणें विश्लेषण केले आहे.

आकृति १२, A B ही रेषा वरच्या बाजूस काटबांध, खालील बाजूस निस्यंदनाली, व धरणाखाली छप्परबंदी असलेल्या धरणाचा पायथा दाखविते. आकृति १२ अ मध्यें पायाच्या खालीं थोडक्या अंतरावर आडव्या रेषेनें छप्परबंदी दाखविली आहे. छप्परबंदीच्या बाजूने निःस्पंदन नालीकडे प्रस्राव-जल विनाहरकत वाहू शकते. पायांत काही फरक होण्यापूर्वीचे परिणामस्वरूप प्रवाहजालही दृष्टीस पडते. छप्परबंदीच्या जागी नीरक्रिया होण्याची शक्यता असते.

तळटीप ७ लेन यांच्या निबंधाची चर्चा पहा. प. ७ अ. ४०

सारणी ३.१

शिफारस केलेले भारित सर्पण गुणोत्तर

द्रव्य	उदाहरण अ लेन १००%	उदाहरण ब लेन ८०%	उदाहरण क लेन७०%
अतिसूक्ष्म वाळू अगर गाळ माती	८.५	६.८	६.०
बारिक वाळू.	७.०	५.६	४.९
मध्यम वाळू.	६.०	४.८	४.२
जाड वाळू.	५.०	४.०	३.५
बारिक कंकर.	४.०	३.२	२.८
मध्यम कंकर.	३.५	२.८	२.५
जाड, गोटे मिश्रित कंकर.	३.०	२.४	२.१
कंकर व टोळाचा दगड.	२.५	२.०	१.८
नरम चिकण माती	३.०	२.४	२.१
मध्यम चिकण माती.	२.०	१.६	१.५
कठिण चिकण माती.	२.०	१.६	१.५
अतिकठिण चिकणमाती अगर कठीण मातीचें पटल.	१.६	१.५	१.५

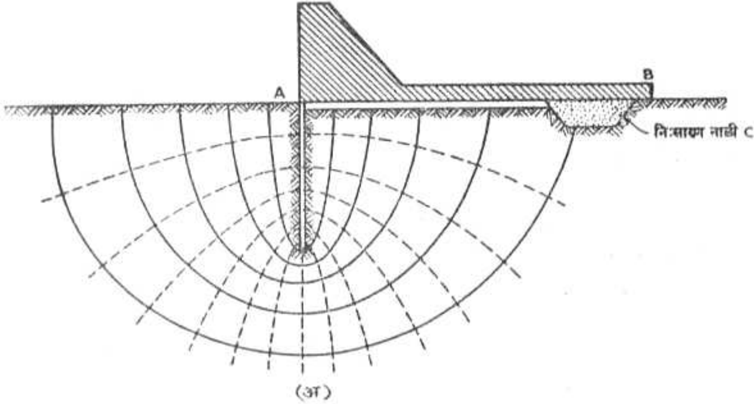
१. सारणी (१) व (२) चा उपयोग केलेला नाही.

जेव्हां छप्परबंदीच्या रेषेवरून नीरक्रिया होऊ लागते तेव्हां असे नीरक्रियान्वित द्रव्य C या निःसारण नालीकडे वाहून नेले जाते' परंतु, अशा नालींत जर निःस्पंदनाची तरतूद केली असेल तर त्यांत हे वाहणारे द्रव्य अडकून रहाते. आणि आकृति १२ (ब)त दाखविल्या प्रमाणें परिणामतः छप्परबंदीच्या अवस्थेंत फेर बदल होतो. या आकृतीत उभें अंतर अतिशय वाढवून रेखित केले आहे. आणि यामुळें निःसारण नालीजवळ छप्परबंदी नाहीशी होईल, आणि A जवळ त्याची वाढ होईल.

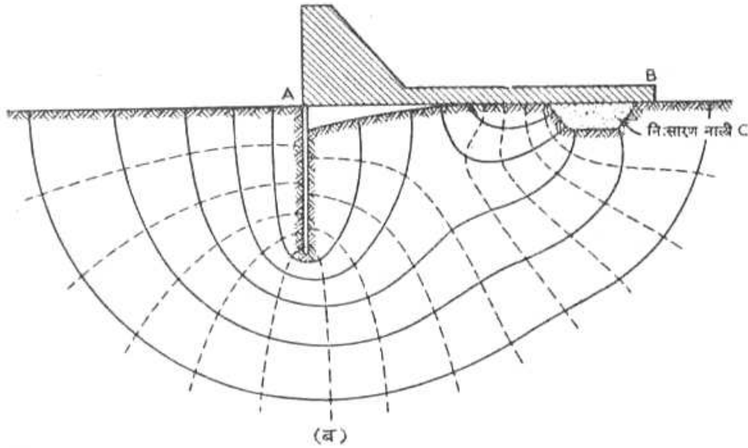
ही अवस्था, आकृति १२ (ब) मधील प्रवाहजाल, दाखविते. आकृतीत छप्परबंदीच्या अवकाशाची खोली आरेखनाने दिग्दर्शित केलेली आहे. परंतु, प्रत्यक्षात ती एका इंचाच्या अंशापेक्षा कमी असते, आणि जो काही फेरबदल तेथील परिस्थितींत घडतो त्याचा परिणामही अत्यल्प असतो हे लक्षांत ठेवले पाहिजे.

यावरून असा निष्कर्ष निघतो कीं योग्य तऱ्हेच्या निस्यंदकाची तरतूद करून जर धरणांचे रक्षण केलेले असेल तर त्याच्या खाली असलेल्या द्रव्याची हानी होत नाहीं आणि छप्परबंदीमुळें धरण फुटण्याची शक्यताही नसते. निःसारण नालीच्या खालच्या

बाजूस होणाऱ्या नीरक्रियेच्या शक्यतेचा वरील सिद्धांतात विचार केलेला नाहीं. अशी शक्यता प्रवाहजलांच्या विश्लेषणाने दाखविता येते.



(अ)



(ब)

आकृति १२. अंदाजी प्रवाह जाल.

मि. लेन यांच्या प्रबंधावर ज्या तज्ज्ञांनी चर्चा केली आहे त्या तज्ज्ञांच्या मतांच्या आधारे आणि मि. लेन यांनी या चर्चेचा जो समारोप केला त्यावरून लेखकाचे काय मत बनले ते क. ३च्या सारणीवरून कळून येईल. त्याचा खुलासा खालीलप्रमाणें आहे.

उदाहरण (अ)—लेखकांनी शक्य तेथें निःसारण नाल्यांच्या आणि खालच्या बाजूस काटबांधाच्या तरतुदीची पुढें शिफारस केली आहे आणि

महत्त्वाच्या धरणांचे बाबतीत क्षरणजालाच्या अन्वेषणाचा उपयोग करण्याचे प्रतिपादन केले आहे. ज्या ठिकाणी अशी तरतूद नसेल तेथे सारणी ३ मध्यें दाखविल्याप्रमाणें मि. लेन यांच्या भारित–सर्पण गुणोत्तराचा उपयोग करावा असे लेखकांस वाटते.

उदाहरण (ब)—ज्या ठिकाणी निःसारण नाल्यांची योग्य तरतूद केली आहे परंतु जेथें प्रवाहजालांचे साहाय्यानें विश्लेषण केलेले नाही अशा बाबतीत मि. लेन यांचे भरित–सर्पण–गुणोत्तर ८० टक्के वापरावें असे लेखकाचे मत आहे.

उदाहरण (क)—ज्या ठिकाणी निःसारण नाल्या आणि प्रवाहजाल या दोन्हीच्याही अन्वेषणांचा उपयोग केला आहे तेथे जरी प्रवाहजालाच्या विश्लेषणावरून कमी गुणोत्तरसुद्धा सुरक्षितेच्या दृष्टीने पुरे असले तरी मि. लेनच्या भारित–सर्पण–गुणोत्तराच्या ७० टक्के गुणोत्तर वापरावे.

परंतु कोणत्याही परिस्थितींत उदाहरण (ब) आणि (क) मध्यें भारित–सर्पण–गुणोत्तर १.५ पेक्षा कमी असू नये.

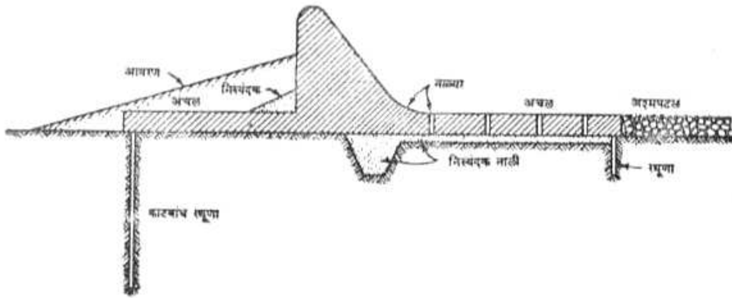
तथापी आकृति १२त दाखविल्याप्रमाणें जर निःसारण – नालीची तरतूद केली नसेल आणि जर धरणाचा पाया आणि अंचल मेढ्यावर आधारित केला असेल तर त्या ठिकाणी भारितसर्पण शून्य धरणें योग्य होईल.

कांहीं उदाहरणांत संगणित सर्पण रेषेची परिणती अतिशय प्रस्रावी धरणांत होण्याची शक्यता असते. अशा धरणांत जर प्रस्राव कमी करण्याचे उपाय योजले तर त्यामुळें सर्पण रेषेंत वाढ होईल.

१९. मातीच्या पायाकरितां शिफारस केलेले संकल्पचित्र

पूर्वी निर्देश केल्याप्रमाणे धरणाच्या वरच्या बाजूस एक अगर अनेक काटबांध, अंचले किंवा आवरणें, तसेच धरणाच्या खालच्या बाजूस अंचल अगर एक वा अनेक पाटसोटांच्या रांगा किंवा निरनिराळ्या जागीं निरनिराळ्या प्रकारच्या निःसारण नाल्या, अशा अनेक उपांगांची अगर त्यांच्या संयोगांची पायाच्या संरक्षणाकरितां तरतूद करण्यांत यावी. अ. ४० परि. ५ मध्यें १५० धरणांचे बाबतींत पायावर जे उपाय योजले आहेत त्यांची प्रत्यक्ष उदाहरणें दिली आहे. त्यावरून अशा उपायांची संकल्प चित्रातून किती पराकाष्ठेची तफावत असते हे दिसून येईल; आणि या संदर्भयादींत उत्कृष्ट अशा ग्रंथसूचीचाही समावेश केलेला आहे.

जागेवरील परिस्थितीवर सारें कांहीं इतके अवलंबून असते की सामान्य असे कोणतेही परिमाण उपयोगांत आणलेलें नाहीं. परंतु आ. १३ ही आधार-भूत म्हणून वापरण्यास हरकत नाहीं. मात्र जागेवरील परिस्थितीशी जुळण्या-जोगे त्यांत फेरफार करण्यांत यावेत. वरच्या बाजूचा अंचल, निस्यंदकासहित आवरण, पुढें वर्णन केलेली प्रमुख निस्यंदन–नाली, खालच्या बाजूचा अंचल, त्याच्याखाली निस्यंदन–नाली आणि पाटसोटांची रांग यांचा या आकृतींत समावेश केला आहे. खालच्या बाजूच्या पाटसोटांचा उपयोग, एकादे वेळीं, जर अश्मपटल वाहून गेले तर होणारे नुकसान टाळण्याकरितां होतो; तसेच अवशिष्ट प्रस्तावाचा वेग कमी करण्याकरितां ही होतो.



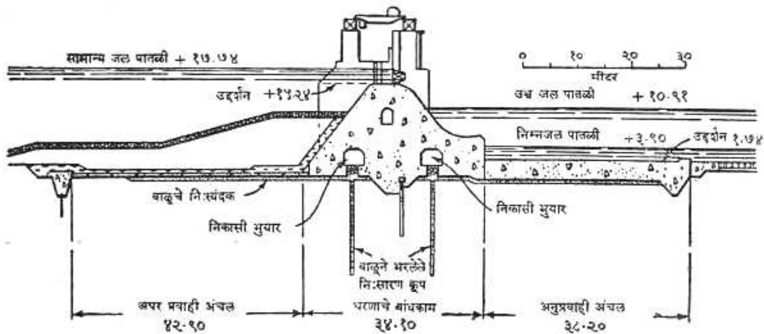
आकृति १३. आरेखनात्मक उदाहरण.

"इंपीरिअल' बंधाऱ्यामध्यें अनेक काटबांधाची तरतूद केली होती. (आ. ४.) परंतु, धरणाच्या वरच्या बाजूच्या अंचलाच्या वरच्या टोकास एकच काटबांधाचा पुरेसा, परिणामकारक उपयोग झाला आहे असे लेखकाला आढ-ळून आले. धरणावरील उत्क्षेप बराच कमी करण्याकरितां आणि अंचलाची खराबी झाल्यास दक्षता म्हणून, अन्य ठिकाणीं धरणाच्या पायथ्याच्या वरच्या बाजूस एक सहाय्यक काटबांध बांधतात. सर्वोत्कृष्ट योजना करण्याकरितां मात्र, विष्लेपणात्मक चाचणी करून प्राप्त केलेल्या प्रवाहजालाचेंच सहाय्य घ्यावे.

धरणाच्या खालच्या चवड्याजवळ निस्यंदन-नालीची जागा ठरविण्यात आली होती. प्रतिमानाच्या सहाय्यानें चाचणी करून ती पुरेशी होईल अशी बहुधा खात्री करून घेण्यात आली असावी. कारण अंचला खालीं अशा निस्यंदन-नाल्या ठेवीत नाहींत. वाळूच्या पायाकरिता भारित सर्पण-गुणोत्तर ८.० असतें परंतु, अशाच परिस्थितीत ८ पेक्षा कमी गुणोत्तर ठेवूनही पुष्कळ सुरक्षित धरणें बांधण्यांत आली आहेत.

ग्रॅनाइट रीफ धरण (आ. ६) कंकर आणि गोटयांच्या पायावर बांधलेले आहे. जेव्हां ते धरण प्रथम बांधले तेव्हा भारित सर्पण गुणोत्तर २.८ होते आणि नीरक्रिया झाली नव्हती. परंतु, जेव्हां ते धरण प्रथम उपयोगात आणले तेव्हां कांटबंधाऱ्याचे खालून पुष्कळ प्रमाणात पाणी वाहिले; आणि ते अंचला-वरील निःसारण नाल्यातून बाहेर पडले. यावरून आ. ३ मधील भारित-सर्पण-गुणोत्तर पूर्वी सांगितल्याप्रमाणें वाढवल्यास, त्यामुळें जरूर पडल्यास, फुकट वाहून जाणारे पाणीही मर्यादित करता येते. या धरणाचे बाबतींत जलाशयाच्या तळावर गाळ माती बसून हा वहाणारा प्रवाह लवकरच थांबला.

यू. एस. एस. आर. मधील स्विस्ट्रॉय[८] धरण आकृति १४ मध्यें दाखविलें आहे. त्यात वरच्या बाजूच्या अंचलावरील टोकास एक काटबांध बांधला आहे. त्याचा पाया चिकणमातीचा असल्याने पुरेशा लांबीचा क्षरणमार्ग उपलब्ध झाला



आकृति १४. स्विस्ट्रॉय धरण. यू. एस्. एस्. आर. (प्रो. इं. नॅ. कॉन्फ. सॉ. मे. केंब्रिज, मॅस. १९३६)

आणि त्यामुळें अतिप्रस्राव होण्याची शक्यता नाहिशी झाली. वरच्या बाजूच्या अंचला खालील निस्यंदन-नाली वाढविण्यात आल्यानें उत्क्षेप कमी झाला; आणि अंचलावर खालच्या दिशेनें जास्तीत जास्त निव्वळ दाब आल्याने आणि अंचल धरणाशी योग्य तऱ्हेने जोडलेला असल्याने घसरण थांबविण्यास मदत मिळाली.

तळटीप ८. स्वीर ३, जलविद्युत्-विकास योजनेतील पायाच्या संबंधी कांही अंगे—इंटरनॅशनल कॉंग्रेस ऑन सॉईल मेक्यानिक्स, हार्वर्ड विश्वविद्यालयामधील कार्यवाही १९३६, पा. २८६.

कोचिटी धरण (आ. १५) वाळू, कंकर आणि गोटचावर आधारलेले आहे. त्याचे भारित सर्पण गुणोत्तर ५.५ आहे आणि हे अगदी नेमस्त मूल्य आहे. चित्रात दाखविल्याप्रमाणें निवडक कंकर असलेल्या निःसारण नालीची धरणाच्या खालीं तरतूद केली आहे.

आकृति १५. कोचिटी धरण, न्यू मेक्सिको. (सि. इं. जानेवारी १९३३, पा. १२).

२०. अपरप्रवाही-अंचल

अपरवाही अंचलाचा उद्देश अर्थातच क्षरणमार्गाची लांबी वाढविणें हा असतो आणि तो अनुप्रवाही अंचलापेक्षा जास्त कार्यक्षम असतो. कारण त्याच्याखालीं असमतोल उत्क्षेप निर्माण होत नाहीं आणि कॉंक्रीटच्या वजनानें त्याचा तोलही संभाळावा लागत नाहीं.

तो अंचल सलोह कॉंक्रीटचा अगर साध्या जलाभेद्य मातीच्या आवरणाचा बनविला तरी चालतो. मात्र (त्यातील) विषम अवस्थापनामुळे अंचल आणि धरण यांच्यातील सांधा उघडा न पडेल अशी काळजी घेतली पाहिजे.

आकृति १३ त अंचल आणि धरण यांच्या सांध्याशी असलेले निस्यंदक आणि अंचलावरील जलाभेद्य आवरण दाखविले आहे. त्या ठिकाणीं तडा गेला तरी निस्यंदकामुळें आवरण वाहून जाण्यास प्रतिबंध होतो. तळ्यात वाहून येणाऱ्या पाण्याचा अतिशय वेग अगर तळे रिकामे करण्याच्या वेळी निर्माण होणाऱ्या लाटा, यांच्यापासून संरक्षण करण्याकरितां त्या आवरणावर अश्म-पटलाचे आच्छादन घातले पाहिजे.

पूर्वी निर्देश केलेल्या स्विस्ट्रॉय धरणावर वरच्या बाजूचे अंचल आणि धरण यामधील सांध्यातून विषम अवस्थापनामुळें होणाऱ्या प्रस्रावाची शक्यता नाहीशी करण्याकरितां तो लवचिक ॲस्फाल्ट कॉंक्रीटचा बनविलेला आहे आणि त्याच्या माथ्यावर फक्त ॲस्फाल्टचा एक थर घालून तो मातीच्या भरावाने झाकून टाकण्यात आला आहे. अंचल आणि काटबांध यांचा सांधा तसेच अंचलामधील आकुंचन-जोड यांच्या बाबतींतही वरीलप्रमाणें उपचार केले होते.

आकृति १५ मध्यें दाखविलेल्या धरणातही आकृति १३ त दाखविलेल्या प्रकारचे वरच्या बाजूचे अंचल आणि धरण यांच्या सांध्यावर निस्यंदन-नाली आणि आवरण यांची तरतूद करणें उचित झालें असते.

२१. मातीवरील धरणातील काटबांध

काटबांधाच्या सर्वसाधारण तरतुदीसंबंधी अ. १९ मध्यें उहापोह करण्यात आला आहे. अर्थातच जेथे शक्य असेल तेथें हा काटबांध जलाभेद्य द्रव्यांपर्यंत नेला पाहिजे. कॉंक्रीटच्या पड्या, अंतर्ग्रथित पाटसोट अगर खोबण-दान्यांचे लाकडी पाटसोट, यांचा काटबांधाकरिता उपयोग करता येतो. कॉंक्रीटच्या काटबांधांचा उपयोग फक्त अशा जागीच करता येतो कीं जेथे तो जलाभेद्य द्रव्यापर्यंत पोहोचविला जाईल. ज्या ठिकाणीं गोटे असल्यामुळे पाटसोट वापरता येणें शक्य नसेल व ज्या ठिकाणीं पत्रे वापरण्यात येतात तेथें कॉंक्रीटच्या काटबांधाच्यां खंदकाच्या बाजू खराब होतात आणि त्यातून सहजपणें प्रस्राव होण्याची शक्यता निर्माण होते; आणि असा काटबांध जर जलाभेद्य द्रव्यापर्यंत खोल नेला नाहीं तर त्याची कार्यक्षमता कमी होते. त्याचप्रमाणें, पुरेशा लांबीचा उपरिप्रवाह-अंचल, जलाभेद्य द्रव्यापर्यंत अर्धवट नेण्यात आलेल्या कॉंक्रीट काटबांधाइतकाच कार्यक्षम होतो व सामान्यपणें अधिक काटकसरीचा ठरतो. कॉंक्रीटच्या काटबांधाची रुंदी कमी असली तरी चालते. खोदकामाकरिता जी कमींत कमी रुंदी लागते त्यावर ती मुख्यतः अवलंबून असते. घसरण रोखण्याकरिता सहाय्य म्हणून जर काटबांध धरणाशी जोडावा लागला तरच त्यात सलोह कॉंक्रीट वापरावे लागते. एरवी त्या कॉंक्रीटमध्यें सळ्या घातल्या नाहीत तरी चालते.

मातीवरील धरणांचे बाबतीत लोहपाटसोट, अलिकडे जास्त लोकप्रिय होत आहेत. जेथे पाटसोट ठोकून बसविणें सोपे असते, खोली जास्त नसते आणि विशेषतः जेथें पाण्याचा झोत वापरणें शक्य असते त्या ठिकाणी हलक्या व उथळ, कमानदार स्थूणा वापरण्यात याव्यात. फोर्टपेक धरणामध्यें २३ ते २८ पौंड वजनाच्या स्थूणा जलझोतांच्या[९] साहाय्याने १५० फुटापर्यंत खोल ठोकण्यात आल्या होत्या. अशाच समपरिस्थितीत व समखोलींत नेब्रास्का येथील किंग्जले धरणात यापेक्षाही हलक्या स्थूणा वापरल्या होत्या. परंतु, ज्या ठिकाणीं स्थूणा ठोकणें अत्यंत कठीण जाते तेथें नालीच्या आकाराच्या जास्त वजनाच्या स्थूणा वापरल्या पाहिजेत.

तळटीप ९. "खोल पट्टस्थूणांचा फोर्टपेक धरणांतील काटबांध" इंजि. न्यूज. रे., जानेवारी १०, १९१५, पा. ३५.

जेथें मातीत टोळ असतात तेथें कधींकधीं सर्वांत जास्त वजनाच्या स्थूणासुद्धा ठोकणें अत्यंत अवघड होते कारण त्याची टोके दुमडून जातात. म्हणून अशा स्थूणा ठोकतांना अत्यंत काळजी घेणें अगत्याचें असते. ज्या ठिकाणीं तडे गेलेले आहेत अगर जेथील द्रव्य अस्थिर स्वरूपाचे असते किंवा टोळाच्या बाजूने स्थूणा ठोकली जाण्याची शक्यता निर्माण होते त्या ठिकाणी हलक्या स्थूणा वापरणे जास्त परिणामकारक ठरते. ज्या ठिकाणी शंका निर्माण होते अशा ठिकाणीं, मधून मधून स्थूणा वर काढून त्यांची तपासणी करणें श्रेयस्कर असते. स्थूणा ठरविलेल्या रेषेच्या बाहेर गेल्या आहेत किंवा कसे हें पहाण्याकरिता ज्यावर मार्गरेखन-साधन बसविलें आहे अशी वेष्टित वेधन-नलिका वापरण्यात येते. उथळ खोलीकरिताच फक्त योग्य परिस्थितीत लाकडी पाटसोट वापरता येतात. मात्र स्थूणा ठोकण्याचे काम अनुभवी माणसाकडून करून घेतले पाहिजे. मातींत रंध्रपूरण करून तिचा क्षरणगुण कमी करण्यासाठीं रासायनिक गारा-भराई हीच एक पद्धत सध्यां ठाऊक आहे. परंतु, हल्लीं, तिला खर्च फार येतो म्हणून ती पद्धत अगदीं खास परिस्थितींतच वापरण्यात येते. (पहा. प. १९ अ. ४०.)

२२. मातीच्या धरणांतील जलनिःसारण-नाल्या

धरणाच्या खालील प्रस्राव बिनधोकपणें वाहून नेण्याकरिता निःसारण-नाल्यांचा उपयोग करतात. दगडांचे थर अगर कपच्या यांचा वापर केला अगर अंचला-मध्यें छिद्रें पाडली तरी, निःस्यंदकाची तरतूद करून संरक्षण जर केले नाही तर धरणाच्या पायांतील द्रव्यामधून होणारी नीरक्रिया थांबविण्यास ही तरतूद अपुरी पडेल.

मातीवरील उत्प्लवी धरणांचे बाबतींत खालच्या बाजूचे काँक्रीटचे अंचल हें एक आवश्यक उपांग असते. आ. १३ त दाखविलेली मुख्य निःसारण नाली, जर आणखी खाली सरकविली तर, क्षरणमार्ग तोच ठेवून, वरच्या अंचलाची लांबी कमी करता येते. परंतु, या पद्धतीने धरण आणि अंचल यांच्यावरील उत्क्षेपमानांत वाढ होते आणि त्यामुळें जास्त कॉंक्रीट वापरावें लागते. म्हणून मुख्य निःसारणनालीचे स्थान ही केवळ काटकसरीच्या विचाराची बाब होते.

मुख्य निःस्सारणनालीची जागा आणि खोली यात बदल केल्यास होणाऱ्या परिणामाची कल्पना प्रतिमान चाचणीवरून कळून येईल. ही नाली जितकी खोल असेल तितकी ती जास्त परिणामकारक होते. पृष्ठभागीं तुलनात्मक दृष्टीनें, जलाभेद्य स्तर उपलब्ध असेल तर मुख्य नाली, तो स्तर फोडून, त्याचेखाली नेली पाहिजे. याकरितां स्विस्ट्रॉंय धरणात, वाळूने भरलेल्या खोल निःसारण-कूपांचा उपयोग केला होता (आ. १४). कारण त्या ठिकाणीं, पायांत, चिकण-

मातीचे आडवे थर अस्तित्वात होते. त्यामध्यें जास्त क्षरण-गुण असलेल्या वालुकामय शिवणी अन्तःस्तरित झाल्या होत्या आणि त्या सर्व स्तरावर अतिशय उत्सृत दाब येत होता. क्रॉसकट धरणात (आ. १६) त्याच्या पायथ्याखाली १० फुटावर, घनिष्ट कंकराखालीं जलधारक वाळूचा थर आढळून आला म्हणून या क्षेत्रातील संभाव्य उत्क्षेप–दाब नाहींसा करण्याकरितां आकृतींत

आकृति १६. क्रॉस कट धरण इडॅहो (जे. आर. सदर्लॅन्ड, रेक्लमेशन ईरा, जुलै १९३८, पा. १३१).

दाखविल्याप्रमाणें एका निस्यंदन-नालीची, आणि इतर ठिकाणी १४ फूट लांबीच्या १२ नलकूपांची तरतूद करण्यात आली होती. पाणी जाण्याचा मार्ग उपलब्ध करून देण्याकरिता, ज्यामुळें जास्त प्रमाणात पोकळी राहील असे सारख्या आकाराचे डबर आणि गोटे वापरून, ही निस्यंदन-नाली बांधण्यात येते; किंवा जाळी पाडलेल्या अगर जोड न सांधलेल्या नळ्या वापरूनही हे करता येते. त्या नळ्याभोंवती (मात्र) भरड कंकर अगर दगडाच्या तुकड्यांचे वेष्टन असते.

या नाल्यांचा निर्गम-मार्ग, कॉंक्रीटमध्यें नळ्या बसवून, त्यांतून धरणाच्या बाहेर अगर अंचलावरील पृष्ठभागापर्यंत नेलेला असतो. इंपीरिअल धरणांत (आ. ४) या निर्गम नळ्या सांडणीच्या डोलाच्या पृष्ठभागांचा लघुकोनांत छेद करतात. त्यामुळें पुराच्या वेळीं वहाणाऱ्या पाण्याच्या शोषण आणि उत्क्षेपणाच्या परिणामाने निःस्यंदन नालीमधील दाब कमी होतो; तिची कार्यक्षमता वाढते आणि उत्क्षेप कमी होतो. मात्र तेथे प्राण्यांच्या घरट्यानी अगर मातीच्या थरानी निर्गमनाली चोंदणार नाही याची काळजी घेतली पाहिजे. नालीच्या सभोंवतालच्या आदर्श निःस्यंदकांत, चाळून घेतलेल्या वाळूचे आणि कंकराचे अनेक थर असतात; व नालीच्या नजिकच्या थरापेक्षा वरच्या थरात लहान आकाराची वाळू असते; आणि जसजसे थर वरवर जातील तसतसा त्यांच्यातील द्रव्यांचा आकार लहान-

लहान होत जातो. या द्रव्याची प्रतवारी अशी असली पाहिजे कीं, सगळ्यात जाड आकाराचे द्रव्य निःस्यंदन नालीतील खडकात वाहून जाऊ नये, तसेच पायातील आणि वरच्या थरांतील द्रव्य त्याच्या वरच्या थरातून वाहून जाऊ नये.

चाचणीत असें आढळून आले आहे की विविक्षित आकाराचे कण त्यापेक्षां दसपट पर्यंत आकाराच्या कणांच्या थरांतील पोकळीतून वाहून जाऊ शकत नाहींत.

एकाच आकाराच्या कणांच्या द्रव्याचे थर तयार करणें, अर्थातच अव्यवहार्य होते. पुष्कळ वेळां निःस्यंदकांत वापरलेला कंकर २ किंवा ४ प्रकारच्या आकाराच्या कणात विभागण्यात येतो. इंपीरिअल डॅम मध्यें (आ. ४) चार प्रकारच्या आकाराचे द्रव्य वापरण्यात आले होते. दुसऱ्या काही धरणात दोनच आकाराचे द्रव्य वापरण्यात आले आहे. ज्या ठिकाणीं पायांत भरड कंकर असेल तेथील नालींत निःस्यंदक अजिबात न ठेवले तरी चालते.

निःस्यंदकाची अगदी निर्दोष अशी तरतूद करणें अशक्य असल्यामुळें ज्यावेळीं प्रथमतः प्रवाह सुरू होतो त्यावेळीं नालीमध्यें निस्यंदकांतील द्रव्याचा काही भाग वाहून जाईल अशी अपेक्षा असतेच. परंतु, प्रवाह सुरू होताच (निस्यंदकांतील) तो दोष आपोआप नाहींसा होतो. मात्र निस्यंदकात अगर पायांत इतके पुरेसे द्रव्य उपलब्ध असले पाहिजे कीं समायोजनानंतर अगर नीरक्रिया सुरूं झाल्या-वरही निर्दोष निस्यंदक आपोआप तयार होईल.

याकरिताच नीरक्रियेच्या वेळीं वाहून आलेले द्रव्य नालीतील पोकळींत मावू शकेल इतक्या मोठ्या पोकळ्या त्या नालीत असल्या पाहिजेत. धरणाकरितां कोणत्या प्रकारचे निस्यंदक असावे हे, हव्या असलेल्या परिस्थितीसारखीच परिस्थिति प्रयोगशाळेंत निर्माण करून, त्यातून चाचणी करून ठरविता येते; आणि त्यावरून नीरक्रियेच्या वेळीं निस्यंदक नालीत किती द्रव्य वाहून जाईल हेही समजून येते.

अंचलाखालील उत्क्षेप पूर्णपूणें नाहींसा करण्याच्या, परिणामकारकपणें कमी करण्याच्या अगर नीरक्रियेचा धोका नाहींसा करण्याच्या दृष्टीनें जर मुख्य नाली पुरेशी कार्यक्षम असेल तर अंचला खालीं निःसार नाल्या ठेवल्या नाहींत तरी चालू शकते. इंपीरिअल डॅम (आ. ४) मध्यें अशा नाल्यांची तरतूद केलेली नव्हती. कदाचित् वरून पडणाऱ्या पाण्याच्या आघातास तोंड देण्याचे दृष्टीनें ठेवलेल्या अंचलाची जाडी शेष उत्क्षेप समतोल करण्यास पुरेशी ठरली असावी.

२३. अनुप्रवाही अंचल

अनुप्रवाही अंचल ठेवण्याचा उद्देश व सर्व उत्क्षेप दाबाना समतोल ठेवण्यासाठी त्याची जाडी कां जास्त ठेवावी लागते यासंबंधी पूर्वीच खुलासा केला आहे. उत्प्लवित जलाचा वेग नाहींसा करण्याच्या जरुरीवर त्याचा आकार आणि तपशील, पुष्कळ वेळां अवलंबून असतो. अ. २६ ते ३९ मध्यें याचा खुलासा केलेला आहे.

२४. अनुप्रवाही काटबांध

अश्मपटल खराब झाल्याने नाल्याच्या तळाचा उलट दिशेने ऱ्हास होण्याची शक्यता निर्माण झाल्यास अंचला खालील पायास धोका पोहोचण्याचा संभव असतो. त्याचे धोक्यापासून संरक्षण करण्याकरिता अनुप्रवाही काटबांधाचा उपयोग केला जातो (आ. ४) तसेच वर स्पष्टीकरण केल्याप्रमाणें ज्या ठिकाणीं नियंत्रित निस्यंदकाची तरतूद केलेली नसते तेथे नीरक्रियेचा धोका कमी करण्यासही अशा काटबांधाची मदत होते.

जेव्हां काटबांधाच्या वरच्या बाजूस निस्यंदन-नाल्या ठेवलेल्या नसतात तेव्हां क्षरणमार्गाची लांबी वाढते; आणि त्यामुळें उत्क्षेपांतही वाढ होते. परंतु, जर निःसंदन नाल्या ठेवल्या तर खालील काटबांधाचा उत्क्षेपावर क्षुल्लक स्वरूपाचा परिणाम होतो.

या अवस्थेंत सुधारणा करण्याच्या दृष्टीनें स्थूणांच्या डोक्याजवळ पाण्याला अडथळा होऊ नये म्हणून, कधीकधीं अंतराअंतरावर छिद्रें पाडण्यात येतात. अशा छिद्रातून काही फायदा होत नाहीच. उलट, लागलीच वरच्या बाजूस निस्यंदन-नाली ठेवली नसली तर अशा छिद्रामुळें धोका उत्पन्न होतो.

२५. द्रवदाबमापी

धरण (पाण्याने) भरल्यावर जो उत्क्षेप-दाब निर्माण होतो तो अजमावण्या-करितां बंधाऱ्याच्या बऱ्याच काटछेदात दाबमापी बसविण्यात येतात व संकल्प-चित्र तयार करण्याचे वेळी आणि ज्यावरून त्या धारणा केलेल्या असतात त्यांच्या अचूकतेचा पडताळा पहाता येतो.

असा दाबमापी २ इंची नळीचा बनविलेला असतो. त्याचे खालचे टोक एका लहान निस्यंदक नालींत अशां तऱ्हेने बसविलेले असते कीं नळीतील पाण्याची पातळी सहज दिसू शकावी किंवा दाबयंत्रानें तिचे मापन करता यावे.

४. सांडव्याखालील अपक्षरणाचे नियंत्रण

हॅरॉल्ड ए. थॉमस[१०]

२६. अपक्षरणाची कारणें

धरणाच्या सांडव्यावरून वहाणारे पाणी शीर्षजल आणि पुच्छजल यांच्या पातळीमधील फरकाइतक्या उंचीवरून फारसा अडथळा न येता नेहमी खाली पडत असते आणि त्यामुळें त्यात वेग निर्माण होतो. तो वेग त्या जागीं वहाणाऱ्या नैसर्गिक प्रवाहापेक्षां, नेहमी, पुष्कळच अधिक असतो आणि त्यामुळें अत्यंत जलद वहाणाऱ्या प्रवाहांचे सकेंद्रण होऊन प्रवाहाच्या समतोलपणास बाध येतो,- भूमिगत दाबाच्या प्रवणतेत प्रमाणाबाहेर वाढ होते व गंभीर स्वरुपाचें अपक्षरण होण्याची शक्यता निर्माण होते.

नाल्याच्या तळात, नरम, दाणेदार अगर लवचिक द्रव्य असेल तरच धरणाच्या खाली खोलपर्यंत क्षरण होते असे नाही तर जेथे भरीव दगड असतो तेथेंही ते होऊ शकते. धरणाच्या सांडव्याखालील जोराच्या विक्षुब्ध क्षेत्रांत नाल्याच्या तळावर पाणी पडून निर्माण होणारे कमाल वेगयुक्त भोवरे किंवा प्रवाहपटल तंतू तेथील द्रव्यांतील उघडे पडलेले तडे आणि पोकळ जागा हुडकून काढतात आणि त्या जागांत शिरण्याकडे त्यांची प्रवृत्ति असते. या भेगांमधील परिणामी दाब तेथील संवादी जलबिंदूच्या वेगशीर्षाइतका असू शकतो. आणि हा दाब धरण पूर्ण भरल्यावर तेथील पाण्याच्या खोलीमुळें, बंधाऱ्यावरील दाबापेक्षां किंचित् कमी असतो. या दाबामुळें कमी जलशीर्ष असणाऱ्या बंधाऱ्याखालील चिकणमाती, वाळू, कंकर, हार्डपॅन आणि गोटे अगदी सहज उखडले जातात. जलशीर्ष जास्त वाढू लागले की उघड्या सांधी असणाऱ्या पुश्तपवान् दगडावर आणि तेथील खडकाच्या संस्तरण-पातळीवर आघात होतो; आणि त्यामुळें तेथील खडकाचे तुकडे होतात व मोठ्या आकाराचे टोळ तयार होतात; आणि ते उचकटून बाहेर फेकले जातात. जर तेथें जलोच्छाल अस्तित्वात असले तर या प्रमाणाबाहेर निर्माण होणाऱ्या भूमिगत आत्यंत्तीक मोठ्या दाबांतील क्षरणांच्या अंतःशक्तीत जलोच्छालाच्या जरा वरच्या बाजूस असलेल्या उथळ पाण्याच्या क्षत्रांमध्यें वाढ होते.

तळटीप १०. सिव्हील इंजिनियरिंगचे प्राध्यापक, कार्नेजी इन्स्टिट्यूट ऑफ टेक्नॉलजी, पिट्सबर्ग, पा.

३० ते १०० फूट अशा मध्यम उंचीच्या बंधाऱ्याचे बाबतीत भरीव दगडाच्या रचनेच्या क्षरणक्षमतेच्या संबंधी आलेले अनुभव अतिशय परिवर्तनशील आहेत. कारण काही दगडामध्यें आश्चर्यकारक अशी उच्च प्रमाणांत प्रतिकारकशक्ति दिसून येते तर अन्य ठिकाणीं उलट परिस्थिती आढळून येते. तेथील द्रव्याच्या क्षरण प्रतिकार-क्षमतेची कसोटी, त्याच्या काठिण्य, शक्ति, चिवटपणा अगर घर्षणक्षमतेचा अभाव यावर निश्चितच अवलंबून नसून ती त्या द्रव्यांतील फूट अगर संस्तरण-पातळीच्या विविध गुणधर्माच्या फलनावर कांहीशी अवलंबून असते.

धरणाच्या सांडणीखालील दगड उखडून टाकण्याची शक्ति, जसजशी बंधाऱ्या-वरून वहाणाऱ्या पाण्याची उंची वाढते, तसतशी जलद गतीनें वाढते. जेव्हां खडकाचा पृष्ठतल-नैसर्गिक अवस्थेंत अगर बांधकामामुळें अगर अपक्षरणामुळें खडबडीत अगर फुटीर होतो आणि त्याच्यावर आदळून पडणाऱ्या पाण्याचा वेग पुरेसा जास्त होतो त्यावेळीं दगडातील टांगत्या भागांच्या पिछाडीच्या पाण्यांत बाष्पस्थळें अथवा निर्वात कप्पे निर्माण होतात आणि त्यामुळें दगड तुटून जाण्याची आणि पाण्याचा त्यात शिरकाव होण्याची प्रवृत्ति अत्यंत वाढते.

उंच बंधाऱ्यावरून पडणाऱ्या पाण्याच्या ऊर्जाविक्षेपणाकरिता जेथें खास तरतूद केलेली नसेल अशा बंधाऱ्याखाली क्षरण झाले तरी सुरक्षित राहील असा साफ आणि बिनभेगाचा अगर संस्तरण-पातळचाविरहित असा नैसर्गिक खडक फारच थोड्या प्रमाणांत आढळून येतो.

२७. सांडव्याची प्रतिमानीय चाचणी

धरणाच्या अपक्षरण-नियंत्रणाच्या अंगाची संकलपचित्रें तयार करताना स्थापत्यशास्त्रज्ञाला बऱ्याच समस्यांना तोंड द्यावे लागते. या समस्या विविध प्रकारच्या असतात. आणि नाल्यांतील तळाच्या स्वरूपाविषयीं आणि अशाच अनेक परिवर्तनशील बाबींचाही त्याला विचार करावा लागतो. पूर-प्रवाहाची पुनरावृत्ति आणि तीव्रता; क्वचित् येणाऱ्या पुराकरिता किती प्रमाणात संरक्षण दिलें पाहिजे आणि निरनिराळ्या निःसारणाकरितां पुच्छ-जलाची उंची काय असावी इत्यादि समस्यांचा त्यात समावेश होतो.

या निरनिराळ्या बाबींचा परस्परांशी संबंध असल्याने सांडव्याच्या अंचलाच्या संकल्प-चित्राचे बाबतींत एकच प्रमाण ठेवणें कठीण असते. तसेच उपलब्ध असलेल्या बांधकामाची निव्वळ नक्कल करूनही संतोषजनक परिणामाची खात्री देता येत नाहीं. या विवेचनाची सत्यता विशेषतः खालील परिस्थितींत

दिसून येते. काही ऊर्जा-विक्षेपण-योजना पुच्छजलाच्या उंचीच्या बाबतींत विशेष संवेदनाक्षम असतात आणि या पुच्छजलाच्या खोलींत थोडासा जरी फरक पडला तरी त्यामुळें योजनेच्या संपादणूकीत अतिशय उच्च फरक पडतो अगर तो अगदी क्षुल्लकही असू शकतो. या कारणाकरितां एकादे विशिष्ट बांधकाम जर महत्त्वाचे असेल आणि सांडणीच्या खालील अपक्षरण झाल्यास जर अनिष्ट परिस्थिति निर्माण होण्याची शक्यता असेल तर त्या ठिकाणीं प्रतिमान चित्राच्या साहाय्यानेच ते संकल्पचित्र तपासून घेणें श्रेयस्कर असते. आणि पूर्वी जरी तत्सम बांधकामाच्या प्रतिमान-चित्रावरून केलेले निष्कर्ष उपलब्ध असले तरीही ही नवीन चाचणी करणें इष्ट असते. कोणताही बिनचूक निष्कर्ष उपलब्ध होण्या-करिता अनुभव व पुरेशी सोय यांची जरूरी असते; हें अत्याग्रहानें नमूद करणें जरूर आहे.

उत्प्लव-प्रतिमान-चित्रांचे बाबतीत अलीकडील भरपूर अनुभवाअंती असे सिद्ध झालें आहे की, प्रतिमानचित्रात आदिरूपातील, अनुप्रवाही नालीतील प्रवाहाच्या वेगांच्या सामान्य वितरणाचे पुनरुत्पादन समाधानकारकपणें करता येते. नदीच्या तळातील द्रव्याची समधर्मता प्राप्त करण्यासाठी प्रतिमानचित्रात बहुधा कंकराचा उपयोग करतात. आदिरूपांतील संभाव्य अपक्षरणाची खोली अगदी अचूकपणें प्रतिमानचित्रात उतरविण्याकरिता कंकराच्या अपक्षरणाच्या खोलीशी परस्पर-संबंध जोडणें जरी अव्यवहार्य असले तरी कंकराचा उपयोग करून निरनिराळ्या ऊर्जांच्या विक्षेपणाच्या अगर नियंत्रणाच्या योजनेतील तुलनात्मक कार्यक्षमतेची माहिती करून घेता येते. मात्र सामान्य सांडव्याच्या प्रतिमानचित्रांत हवा अडकून रहाण्यानें अगर तुषार रचनेमुळे होणारे पृष्ठतणावात्मक परिणाम पुनर्निर्माण करता येत नाहींत. तसेच निर्वात स्थिति सारखे वातावरणांतील दाबांचे परिणाम पुनर्निर्माण करता येत नाहीत. तसेच द्रवाच्या विष्यदंतेवर अवलंबून असणारे द्रवीय घर्षणाचे परिणामही अशा चित्रात पुनर्निर्मित करता येत नाहींत. मात्र अशा विशिष्ट उत्प्लव-प्रतिमान चित्रात घर्षणहानी तुलनेनें कमी असते; आणि प्रतिमानचित्रांच्या पृष्ठतलावरील खरबरीतपणाचे समायोजन करून तिचे नियंत्रण करता येणें शक्य असते. सांडव्याच्या प्रतिमान चित्रांत पाण्याच्या प्रमुख स्रोतांच्या मार्गात वेगभंजक स्तंभ, उंबरे अगर अन्य प्रकारचे अडथळे बांधून उच्च प्रकारचे ऊर्जाविक्षेपण करता येते असे उत्प्लव-प्रतिमान-चित्रावर केलेल्या प्रयोगावरून निश्चितपणें सिद्ध झालें आहे. अशा तऱ्हेचे उपाय खुज्या धरण्याकरिता संपूर्णपणें व्यवहार्य ठरले आहेत. परंतु, जर धरण फार उंचीचे असेल तर पुढें विवेचन केल्याप्रमाणें, जरी हे अडथळे प्रतिमानचित्रात परिणामकारक दिसले तरी निर्वात

स्थितीच्या विनाशक प्रभावामुळें प्रवाह-स्रोत मोडण्याकरिता भरीवपणें त्यांचा उपयोग करण्यास प्रतिबंध होण्याची शक्यता असते. मात्र, हा नंतरचा मुद्दा धरणावर काम करणाऱ्या लोकांना समजावून सांगण्यात अडचण येण्याचा संभव आहे.

२८. जलोच्छाल

जलोच्छालाच्या सिद्धांताचा अपक्षरणाची घटना आणि त्याचे नियंत्रण यांच्याशी घनिष्ट संबंध येत असल्यानें या सिद्धांताची चर्चा प्रथम करण्यात येत आहे. स्थिर घनपृष्ठावर ऊर्जाविक्षेपण होऊं शकत नसल्यामुळें अशा द्रव्यातील आप-क्षरणाच्या अभावी पाण्यांच्या एकमेकावरील आघातामुळें निर्माण झालेल्या विक्षोभामुळेंच फक्त हे ऊर्जाविक्षेपण होऊ शकेल हे उघड आहे. संकुचित जागेत फार मोठ्या प्रमाणांत निर्माण झालेल्या ऊर्जेचें विक्षेपण करण्याकरितां अत्यंत जोरदार खळबळ निर्माण व्हावी लागते. असे अत्यंत जोरदार खळबळीत पाणी मोठ्या प्रमाणांत सोडून, ऊर्जेचे विक्षेपण करण्याच्या अनेक पद्धती उपलब्ध आहेत. त्यातील सर्वात सोयीची आणि परिणामकारक पद्धत जलोच्छालाचा उपयोग करणें ही होय.

ज्या धरणांच्या उत्प्लव डोणींच्या शेवटी आडव्या अंचलाची अगर दोन्ही बाजूंना उभ्या भिंती असलेल्या आडव्या नालीची तरतूद केलेली असते त्या ठिकाणीं जलोच्छाल निर्माण होण्याची परिस्थिति आकृति १७ मध्यें स्पष्ट केली आहे. द्रवगतिशास्त्रावरील पुष्कळशा क्रमिक पुस्तकात नमूद केल्याप्रमाणें चौकोनी समतल नालींत जर वेग 'v' हा क्रांतिक वेगापेक्षां जास्त असेल तर तेथें जलोच्छाल निर्माण होऊ शकतो. क्रांतिक वेगाचे मूल्य $\sqrt{gd}$ असते. जलोच्छाल निर्माण होण्याकरिता जरूर असलेल्या उच्छालाच्या खालील पाण्याची खोली d′ पुढील समीकरणावरून मिळते.

$$d' = \sqrt{\frac{2q^2}{gd} + \frac{d^2}{4}} - \frac{d}{2} \qquad [६]$$

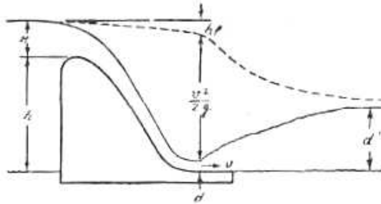
येथें q= नालीच्या रुंदीतील दर फुटास होणारा प्रस्राव, घनफूट सेकंद.

d= उच्छालाच्या वरच्या बाजूची खोली (फुटात).

g= गुरुत्वीय वेगवर्धन फूट सेकंद सेकंद = ३२.२.

उत्प्लवाच्या पृष्ठावरील घर्षणामुळें स्रोताची जाडी तत्सम मुक्तपणें पतन होणाऱ्या प्रवाहाच्या खालच्या आणि वरच्या परिवाहपटामधील अंतरापेक्षा किंचित् जास्त असते. तुलनेने लहान धरणात, हें दुसरे अंतर प्रकरण ११ तील

आकृति २ व ३ मध्यें दिलें आहे. त्यावरून d चें मूल्य काढता येते आणि ते बहुतेक सर्व बाबतींत पुरेसें अचूक असते. उंच धरणांचे बाबतीत, d चें मूल्य जास्त बिनचूक असावे लागते. ज्या पद्धतीने उघड्या नाल्यांतील स्थिर अशा विषम प्रवाहाचा पृष्ठतलावरील बाह्याकार निश्चित करण्यात येतो, त्याच पद्धतीने हे मूल्य सैद्धांतिक रीत्या प्राप्त करण्यात येते. परंतु, दोन प्रकारच्या अडचणीमुळें निष्कर्षांत काहीशी अनिश्चितता उत्पन्न होते. पहिली अडचण ही की अत्यंत खडे उतार असलेल्या प्रवणिकांच्या बाबतींत मॅनिंग आणि तत्सम सूत्रांच्या अचूकपणाची अगदी अल्पशी माहिती सध्या उपलब्ध आहे; आणि दुसरी ही कीं (प्रवाहमार्गांत) खडबडीतपणा वाढल्यामुळें जो परिणाम होतो तत्सम परिणाम वायुधारणेमुळेंही निर्माण होतो.



आकृति १७. सांडव्याखाली होणारा जलोच्छाल.

यामुळें सद्य:स्थितींत उद्दिष्टाशी जास्तींत जास्त जुळणारा म्हणून "मॅनिंग" सूत्राचा उपयोग करणें इष्ट आहे. आ. १७ शीं जुळणारी सामान्य कळसाकृति सांडव्याच्या पृष्ठावरील घर्षणामुळें होणारी जलशीर्ष हानी ही, अजमासें, h इतक्या लांबीच्या एकसारख्या खोलीच्या नालीतील घर्षणहानीइतकी धरण्यास हरकत नाहीं.

$V = \frac{1.486}{n} r^{\frac{2}{3}} s^{\frac{1}{2}}$ या मॅनिंगसूत्राच्या आधारें जलशीर्ष-हानी खालीलप्रमाणें येते.

$$h_f = \frac{n^2 v^2 h}{2.21 d^{\frac{4}{3}}} = \frac{n^2 q^2 h}{2.21 d^{\frac{10}{3}}}$$

यानंतर चाचणी करून पुढील समीकरणावरून d चें मूल्य प्राप्त करावें :—

$$H + h = d + \frac{q^2}{2gd^2} + \frac{n^2 q^2 h}{2.21 d^{\frac{10}{3}}} \qquad [७]$$

ऊर्जाविक्षेपणाच्या अभ्यासात खडबडीच्या गुणकाचे कमी प्रमाणांत धरलेलें मूल्य अगदीं नेमस्तपणाचें आहे आणि हे मूल्य n = 0.013 धरण्यात यावें अशी शिफारस आहे.

सर्व उंचीच्या धरणाच्या बाबतीत लागू पडणारे सामान्यतत्त्व म्हणून असें म्हणता येईल की अपक्षरण-नियंत्रणाचे उपाय अंमलात आणणें तुलनेने सोपे आणि कमी खर्चाचे असते. मात्र यासाठीं धरणाच्या जागीं स्वाभाविक पुच्छ-जलाची खोली ही उच्छालनिर्मितीकरितां लागणाऱ्या खोलीइतकी अगर जास्त असली पाहिजे. जेव्हां पुच्छजलाची खोली यापेक्षा बऱ्याच प्रमाणात वाढते तेव्हां त्या प्रमाणात खर्चात व अडचणींत वाढ होते.

सामान्य जलोच्छालात झोताच्या ऊर्जेचा नाश पाण्यावर आपटण्याच्या क्रियेनें होतो आणि या क्रियेकरिता स. ६ मध्यें दाखविल्याप्रमाणें पुच्छजलाची विशेष खोली असावी लागते. पुच्छजलाच्या अंदाजी सरासरीइतका तळातील वेग कमी होण्याकरिता जे आडवे अंतर लागते ते पुच्छजलाच्या खोलीच्या अंदाजें ५ पट असते. जरूरीइतक्या पुच्छजलाची खोली वाढविण्याकरिता आणि उच्छालाखालील जास्त वेगाच्या विस्तृत क्षेत्रावरील नदीच्या तळाचे रक्षण करण्याकरिता जे उपाय योजावे लागतात त्याला पुष्कळ वेळां फार खर्च येतो.

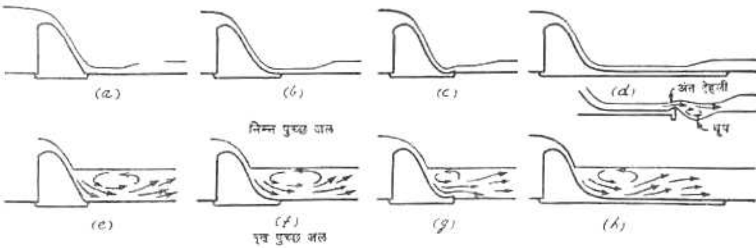
२९. अपक्षरण-नियंत्रणाच्या सामान्य गरजा

आकृति १८ मध्यें अलिकडे वापरण्यात येत असलेल्या निरनिराळ्या प्रकारच्या अपक्षरण-नियंत्रणाची बांधकामें आकृतिस्वरुपात दाखविली आहेत.

धरणाच्या खालच्या बाजूस अपक्षरण-नियंत्रण किती प्रमाणात केलें पाहिजे याबाबतीत भिन्नभिन्न मतें प्रचलित आहेत. संकल्पचित्राकरितां खडकावर आधारित केलेल्या धरणाकरिता 'ओजी'चा बाह्याकार असलेला उत्प्लवमार्ग, सर्वसामान्यपणें, बांधण्यात येतो. उत्प्लवमार्गाच्या खालच्या बाजूस एका डोणीची तरतूद केलेली असते. त्यामुळें पाण्याला फिरकीं गति मिळते आणि ते पाणी, उत्प्लव भिंतीवरुन अगदीं आडव्या अगर जवळजवळ आडव्या मार्गानें खाली पडून अनुप्रवाही दिशेस वाहून जाते. (आकृति १८b पहा). उत्प्लवडोणीची अनुप्रवाहाच्या दिशेकडील कोर काही संकल्पचित्रात नदीच्या तळाशी समतल अशी ठेवण्यात येते; तर इतरात ती तळापेक्षा थोडया जास्त उंचीवर ठेवलेली जाते. अनेक वेळा, डोणीच्या अनुप्रवाही बाजूच्या कोरीजवळ तिच्या बाह्याकाराचा काटकोनी भाग क्षितिजाशी समांतर ठेवलेला असतो; तर कधीं कधीं या कोरीपासून काही अंतरापर्यंत क्षितिजाशी समांतर अशा फरशीचे बांधकाम लांबविण्यात येते. (आकृति १८d पहा). अन्य संकल्पचित्रात डोणीची अनुप्रवाहाच्या बाजूकडील कोरीशी काटकोनात असलेली बाजू क्षितिजसमांतर

रेषेच्या काही अंशावर नेलेली असते. त्यामुळें पाण्याचा बांधकामाशीं संपर्क सुटतांना त्याचा काही भाग किंचित् वरच्या दिशेस वळविण्यात येतो. (आकृति १८c, १८g पहा.) तुलनात्मक दृष्टीनें भरीव खडकावर आधारित केलेल्या ऊंची कमी असलेल्या धरणात ही डोणी गाळली तरी चालते. (आकृति १८a पहा.)

उत्प्लव–डोणीला लागून चवड्यापाशी जलोच्छाल निर्माण होण्याकरिता पुच्छजलाची खोली d', ६ व्या समीकरणांतील सूत्र वापरून परिगणित केलेल्या खोलीइतकी तंतोतंत असली पाहिजे. जर पुच्छजलाची खोली जास्त असेल तर जलोच्छालाचे शीर्ष डोणीपर्यंत पोहोचेपर्यंत बरवर सरकत जाते आणि प्रवाहाच्या पुच्छजलानें पूर्णपणें बुडून जाईतों ते पाण्याच्या फवाऱ्यांच्या उतरत्या पृष्ठभागावरून बरवर सरकू लागते (पहा आ. १८c). अशा परिस्थितींत जलस्रोताच्या वरील पाण्याचा विक्षोभ हा सपाट नालीमधील जलोच्छालापेक्षां कमीं क्षुब्ध असतो. परिणामत: ऊर्जाविक्षेपणाची गति मंद होते आणि नदीच्या तळाशी अनुप्रवाही दिशेनें, बऱ्याच अंतरापर्यंत अतिशय वेगाचे प्रवाह पसरत जातात



आकृति १८. थोड्या प्रमाणात अपक्षरण–नियंत्रणाची तरतूद असलेले सांडवे.

उलटपक्षीं पुच्छजलाची प्रत्यक्ष खोली 'd'' या परिगणित खोलीपेक्षा कमी असेल तर अनुप्रवाहित दिशेनें, अशा जागेपर्यंत जलोच्छाल इतका खाली सरकत जाईल कीं त्या ठिकाणीं नालीतील घर्षणानें फवाऱ्याचा वेग कमी झालेला असेल आणि त्यावेळी पुच्छजलाच्या विवक्षित पातळीवर जलोच्छालाशी सुसंबद्ध होईल इतकी फवाऱ्याची खोली वाढेल (पहा १८d) आणि यानंतरच्या परिस्थितींत जर जलोच्छाल अंचलाच्या पूर्णपणें बाहेर फेकला गेला तर साहजिकच मुख्य फवाऱ्याच्या संपूर्ण वेगानें नदीच्या तळावर अनिष्ट परिणाम होईल.

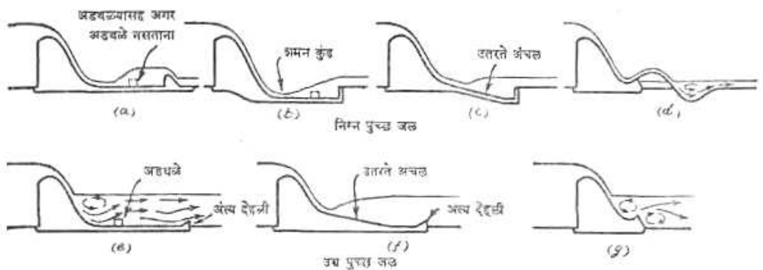
थोड्या प्रमाणांत अपक्षरण-नियंत्रण असलेल्या धरणात आणि बऱ्याच उंचीच्या धरणात संकेतमान्य संकल्पचित्रांत तरतूद केलेल्या अपक्षरण-नियंत्रणापेक्षां जास्त समुचित तरतुदीची आवश्यकता असते हें आधुनिक अभियांत्रिकी प्रथेत मान्य केलेले आहे.

धरणाच्या सांडव्याखाली नाल्याच्या तळातील अपक्षरण-नियंत्रण उच्च असावे म्हणून संकल्पचित्र तयार करणाऱ्या स्थापत्यविशारदांनी खाली दिलेल्या संरक्षण पद्धतीपैकीं एक अगर तिन्हीं एकत्रित करून हें नियंत्रण केले पाहिजे.

१. नदीच्या तळावर पाणी पडण्यापूर्वी त्यातील बऱ्याचशा अतिरिक्त, गतिजन्य शक्तीचे विक्षेपण करण्याकरिता आकृति १९a, १९b, १९f मध्यें दाखविल्याप्रमाणें जलोच्छालाचा उपयोग करून आणि काही काही धरणात वेगभंजकांची जोड देऊन हा हेतु साध्य करता येतो. धरणाच्या चवड्याजवळ जलोच्छाल निर्माण करण्यास पुच्छजल जर अपुरे आहे असे आढळून आले तर आकृति १९a मध्यें दाखविल्याप्रमाणें एका लहान उपबंधाऱ्याचे साहाय्यानें शमनकुंडे निर्माण करून अगर नदीचा तळ खोदून आ. १९b व १९c त दाखविल्याप्रमाणे जरुरीपुरती खोली वाढविता येते. पण या दोन्हीही तरतुदी फार खर्चाच्या आहेत. ज्या ठिकाणीं खडक स्तरमय असतो आणि तो जास्त खोदल्यानें धरणाच्या घसरण-क्षमतेचा सुरक्षागुणांक कमी होण्याचा संभव असतो अशा जागी दुसरी तरतूद विशेषेकरून अनिष्ट ठरते.

जलोच्छाल निर्माण होण्यास पुरेशा खोलीपेक्षां जास्त खोली जेव्हां पुच्छजलात असते आणि त्यामुळें पूर्वी स्पष्ट केल्याप्रमाणें ज्यावेळीं (नदीच्या) तळात मोठा वेग निर्माण होतो त्यावेळीं उतरत्या अंचलाची तरतूद करून ती खोली कमी करता येते. (पहा आकृति १९f) किंवा ऊर्जाविक्षेप होण्याकरितां अडथळेही वापरता येतात. (पहा आकृति १९c)

२. उच्च वेगाच्या प्रवाह-पटल-तंतूना पुच्छजलाच्या पृष्ठावरून अशा मार्गानें न्यावें की त्यामुळें तळाचा भेद होणार नाही. हा उद्देश अंत्य उंबरा अगर उदग्र डोणी बांधूनही साध्य करता येतो. (पहा आकृति १९ g)·

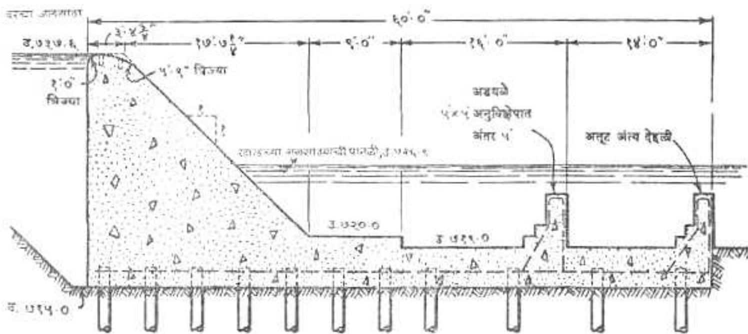


आकृति १९. अपक्षरण–नियंत्रणाची विशेष तरतूद असलेले सांडवे.

३. काही प्रमाणात, जर, अपक्षरण चालू शकत असेल तर प्रक्षेप पथाची दिशा ते, डोणीपासून अलग होताच, तिच्या थोड्याशा वरच्या बाजूस वळवून तो धरणाच्या चवड्याच्या निकट जागेपासून खालच्या जागे-पर्यंत पुढे सरकविता येतो. (आ. १९d), तसेच अंत्य उंबऱ्याची तरतूद करुनही हें साध्य करता येते.

३०. वेगभंजक स्तंभ

फवाऱ्याच्या मार्गात आ. १९e आणि २० यांत दाखविलेल्या संकल्पचित्रा-प्रमाणें जर अंचलावर वेगप्रतिबंधकस्तंभ अगर भरीव अडथळे चांगल्या तऱ्हेनें जखडण्यांत आले तर फवाऱ्याचा नाश करुन त्याचे विक्षोभित पाण्यात रुपांतर करण्यास मदत होते. आणि त्यामुळें, सामान्यपणें, जलोच्छालाकरिता जी पुच्छजलाची खोली आणि क्षितिजसमांतर लांबी लागते त्यापेक्षा येथें प्रभावी शमनाकरिता कमी खोली व अंतर पुरेसे होते. ज्यावेळीं अशा वेगभंजक स्तंभांचा उपयोग करण्यात येतो त्यावेळीं पुच्छजलाची खोली (वेगभंजक) स्तंभ बुडतील आणि तसेच पाण्याचे फवारे हवेत उडणार नाहींत एवढी असली तरी पुरते. या ठिकाणी निर्वात अवस्था उत्पन्न होत असल्यास मात्र जास्त निमज्ज-नाची जरुरी पडते. या दुसऱ्या मुद्यावर, नंतर, चर्चा करण्यात येईल.



आकृति २०. मोनॉन गाहेला नदीवरील चौथ्या क्रमांकाच्या धरणावरील सांडवा व अंचल.

अमेरिकेतील नद्यावरील ज्या नौकानयन धरणांची संकल्पचित्रें अलिकडे तयार करण्यात आली आहेत अशा धरणात आकृति ४ मध्यें दाखविलेल्या अपक्षरण-नियंत्रण व्यवस्थेसारखीच काहीशी व्यवस्था केलेली असते. मात्र तेथें वेगभंजक स्तंभांच्या एक अगर अनेक रांगा समतल अंचलावर बांधलेल्या असतात. आणि

त्यामुळें फवाऱ्याच्या शक्तींचा ऱ्हास करण्यास परिणामकारक मदत होते. ज्या ठिकाणी निर्वात अवस्था निर्माण होईल असें जास्त जलशीर्ष नसते आणि जेथें वाळू अगर कंकर यांच्यासारखे क्षरण करणारे द्रव्य सांडव्यावरून खाली पडत नाही त्या ठिकाणीं ही कायम स्वरूपाची तरतूद केलेली असते. मोनॉनगाहेला नदीवरील धरण क्र. ४ मध्ये वेगभंजक स्तंभांची एकच रांग आणि सांधे न पाडलेला अगर पोचे न पाडलेला अंत्य उंबरा यांचा उपयोग केल्याचें आकृति २० मध्यें दाखविलें आहे. निरनिराळ्या संकल्पचित्रकारानी आपल्या लहरीप्रमाणें वेगभंजक स्तंभांचे निरनिराळे आकार विकसित केले आहेत. परंतु, यांतील काहीं इतके किरकोळ असतात की ते (वाहून येणाऱ्या) बर्फ अगर ओंडक्यांचा माराही सहन करू शकत नाहींत.

पाण्याच्या प्रवाहगतीच्या काटकोनात येणाऱ्या वेगभंजक स्तंभाच्या एकांक प्रक्षेपित क्षेत्रांत जास्तींत जास्त होणारे ऊर्जा-विक्षेपण, वरच्या बाजूस साधी उभी दर्शनी बाजू ठेवून, प्राप्त करता येते. तसेच टेंकूच्या बांधकामांत, खालच्या बाजूच्या दर्शनी बाजूवर क्रमशः उतार देऊन जास्तीत जास्त संरचनात्मक काटकसर करता येते. वेग-भंजक-स्तंभाच्या वरील दर्शनी बाजूचे त्यावर होणाऱ्या बर्फाच्या अगर ओंडक्याच्या आघातापासून निवारण होण्याकरिता जर पुरेसा उतार दिला तर अशा स्तंभांची परिणामक्षमता कमी होते आणि जर तो अपरप्रवाही दर्शनी बाजूवरील उतार, केवळ पाण्याचा विक्षोभ न होता त्याला वळण देण्याकरिता सपाट केला तर ती क्षमता जवळजवळ शून्यच होते. हे स्तंभ ज्यावेळी खोल बुडलेले असतात त्यावेळीं त्यांची कार्यक्षमता जास्तीत जास्त असते. जर ते कमी खोल बुडलेले असतील तर (पाण्याचे) फवारे वेगभंजकावर आघात करतात तेव्हा त्यांचा मार्ग विचलित होतो आणि ते खूप उंचीपर्यंत हवेंत उडतात. त्यांची ही कृति "गीजर"सारखी असते.

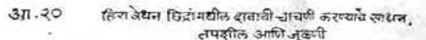
प्रतिमान-चाचण्यावरूनच वेगभंजकांची जागा आणि आकार निश्चित करता येतो.

अति ऊंच धरणांत दुर्दैवानें, संभाव्य निर्वातस्थिति निर्माण होते. त्यामुळें वेग–भंजन स्तंभ अगर इतर कोणाकृति अडथळें यांचा मुख्य प्रवाहाच्या फवाऱ्यात प्रत्यक्ष समावेश करण्यांत अडथळा येतो. म्हणून अशा उंच धरणांत नैसर्गिक पुच्छजलांची खोली जलोच्छाल निर्माण होण्यास फार कमी पडत असेल तर अपक्षरणनियंत्रणाचे फक्त दोनच मार्ग उपलब्ध होतात.

(१) मुख्य बांधकामाच्या खाली एक सहाय्यक बांध बांधणें (आ. १९ a)

आणि

(२) सांडव्याच्या पायथ्याशी नदीच्या तळांत एक कुंड खोदणें. (आ. १९ b)

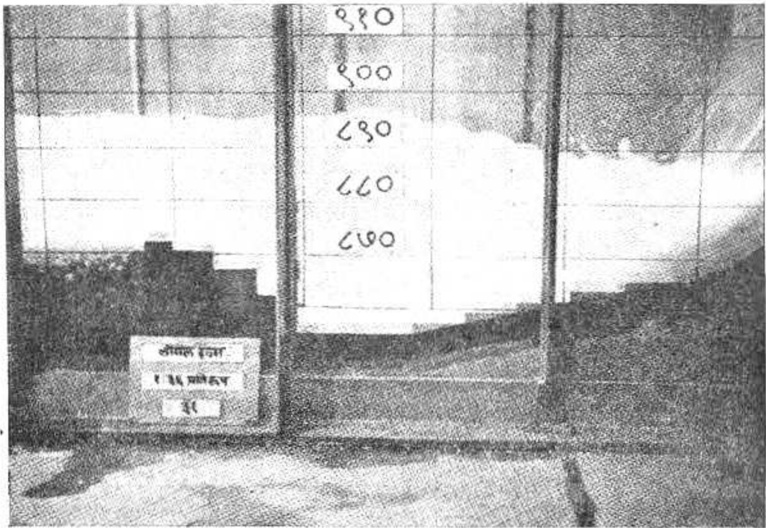


आ. २० हिरा वेधन छिद्रांमधील दाबाची चाचणी करण्याचे साधन, तपशील आणि जुळणी

३१. उतरते अंचल

मॅडेन, नॉरिस आणि शास्ता या धरणांसारख्या अलिकडील पुष्कळशा उंच धरणांत खोल पुच्छजल असते. त्याठिकाणीं लांब आणि उतरत्या उत्प्लव-अंचलांची तरतूद करण्यांत येते. उद्देश हा कीं, सर्व तऱ्हेच्या प्रस्रावांच्या वेळीं जलोच्छालाचें निमज्जन न व्हावें. अशा तऱ्हेचा अंचल आकृति २१ व १९f मध्यें दाखविला आहे. प्रतिकृतींच्या सहाय्यानें केलेल्या प्रयोगावरून असें सिद्ध झालें आहे कीं, प्रवाहाच्या दिशेने एक उभा व चार आडवे या प्रमाणापेक्षां जास्त खडा उतार नसेल अशा नाल्यांत पृष्ठावरील वलयाकृति लाटामध्यें जोरदार विक्षोभ झाला आहे, आणि तदनुरूप अशा अत्युच्च उर्जा–विक्षेपणाचे गुणधर्म निर्माण झाले आहेत. यापेक्षा नाल्याचा उतार जर जास्त खडा असेल तर जलोच्छालाचा कल निमज्जित होण्याकडे असतो आणि त्यामुळें वरील पाण्यांत सौम्य प्रकारचा विक्षोभ निर्माण होतो. तसेच मुख्य फवाऱ्यांतील ऊर्जाचें विक्षेपणही कमी वेगाने होते आणि तळातील प्रवाहांचे वेगमान वाढते. म्हणून १:४ अगर त्यापेक्षा सपाट ढाळ उतरत्या अंचलाकरितां उपयुक्त असतो असे मानले जाते. मॅडन धरणाच्या (ट्रॅ. अ. सो. सि. इं. १९३८.) सांडव्यांच्या प्रतिमान चित्रांच्या अभ्यासावरून मि. आर. आर. रॅण्डॉल्फ यांनी असे प्रतिपादन केले आहे कीं, डोणीच्या गोलाकार पृष्ठावरील आरंभीच्या बिंदूवर उत्तम जलोच्छाल–निर्मिति होते. पण जर ती धरणाच्या खालच्या दर्शनी बाजूच्या खडचा उतारावर ढकलली गेली तर ती चांगल्या प्रकारची होत नाही. अंचलाची संपूर्ण लांबी उपयोगी व्हावी म्हणून उच्छाल शक्यतितका पाठीमागें सुरु व्हावा लागतो. तो जास्तीत जास्त संभाव्य प्रवाहाकरितां धरणाच्या दर्शनी भागापासून उप्लव द्रोणीचा गोलाकार जेथे सुरु होतो त्या बिंदुवर सुरु झाला पाहिजे. जेथे उच्छाल-निर्मितीकरितां लागणाऱ्या खोलीपेक्षां पुच्छजलाची खोली जास्त असतें तेथे उतरता अंचल अर्थातच जास्त उंच असला पाहिजे. आणि त्याकरितां कांक्रीटही जास्त प्रमाणांत वापरले पाहिजे. या कांक्रीटमधील कांहीं अंश धरणाच्या स्थैर्याच्या दृष्टीनेही उपयोगी पडतो. जेथे जलोच्छाल–निर्मितीच्या जरुरीपेक्षां पुच्छ जलाची खोली कमी असते तेथें उतरत्या अंचलाचा खालच्या बाजूचा शेवटचा भाग नळीच्या तळात, पुच्छजलाची आवश्यक खोली (आ. १९c) मिळेल इतक्या खोलीपर्यंत खड्डा खणून मिळवून द्यावा. खोदकामाची जागा आणि मुख्य बंधाऱ्याचा चवडा यामध्यें पुरेसे अंतर ठेवतां येते हे अशा योजनेचे उच्च वैशिष्टय आहे. लायलहन्ना धरणाचे उत्प्लव–अंचल

आणि शमन कुंड आकृति २१ मध्यें दाखविली आहेत. वर उल्लेखिलेल्या तत्त्वांचे अवलंबन करण्यांत आल्याचे हे एक उदाहरण आहे. मुख्य फवाऱ्याच्या शक्तीचा नाश करण्याचे कामी उतरत्या उत्प्लव–अंचलावरील पायऱ्यांची विशेष मदत झाल्याचे आढळून आले आहे. कारण या पायऱ्यांमुळें फवाऱ्याचा आकार वलयाकृति बनतो आणि तेथील भोवरें, त्यावर असलेल्या विक्षोभित पाण्याच्या वलयाकृति लाटामध्यें सहज सामावून जातात. फार उंच धरणामध्यें अंचलाच्या वरील पायऱ्या आणि शेवटचा उंबरा अहितकारक ठरण्याचा संभव असतो. कारण त्यापासून निर्वातस्थिति व तदनुषंगिक अडचणी निर्माण होण्याची शक्यता असते.

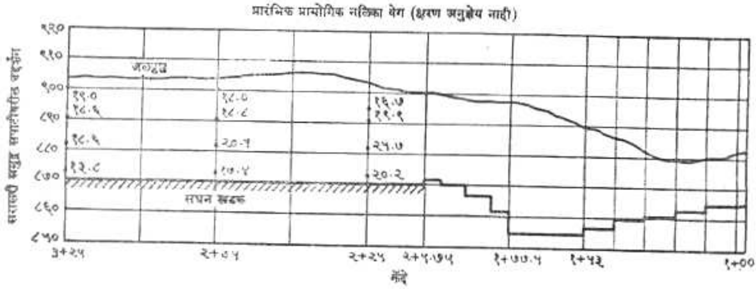


आकृति २१. लॉयलड्डा धरणाच्या शमनकुंडाची प्रतिमान चित्रीय चांचणी. यात अतिशय मोठ्या पुरातील शमनक्रिया दाखविली आहे.

जर उतरत्या अंचलांचा शेवट शमन कुंडात झाला नाहीं तर त्याच्या शेवटी उंबरा बांधावा अगर अन्य उपाय आ. १९, २० आणि २२ मध्यें दाखविल्या-प्रमाणें योजावें त्यामुळें पाण्याच्या तळांतील जलतंतू नदीच्या तळापासून दूर वळवितां येतील. अशा उपायांची जर तरतूद केली नाहीं तर असे उतरते अंचल अतिशय असमाधानकारक ठरतात.

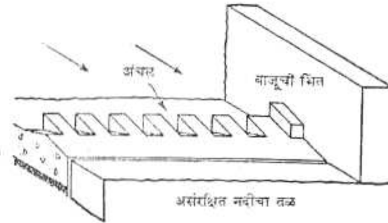
सामान्यतः जेथे धरणांची उंची इतकी असते कीं, मुख्य फवाराच्या विभंजना-करता वेगभंजक स्तंभ सुरक्षितपणें उभारणें शक्य नसतें तेथें उतरत्या अंचलाचा

उपयोग करणें सर्वात सोयीस्कर ठरते. परंतु, तेथें जर वेगभंजक स्तंभ वापरलेच तर ते शक्य तीतके पाण्याच्या खाली बुडतील असें ठेवणें इष्ट असते. कारण



आकृति २१a. आ. २१ मधील तेच प्रतिमान–चित्र. ह्यात अतिशय मोठ्या पुराच्या वेळचे पुच्छजलाचे वेग दर सेकंदास फुटात दाखविण्यात आले आहेत,

त्यामुळें निर्वात पोकळ्या उघड्या होण्याच्या प्रवृत्तीस आळा घालण्यासाठीं लागणारे दाबशीर्ष उपलब्ध होते. हाच उपाय स्रोताच्या मार्गात प्रक्षेप करून. तिला तोडगा म्हणून वापरण्यात येणाऱ्या उंबरे, पायऱ्या अगर, इतर प्रकारचें बाबतींतही लागू पडतो. जास्त खोलपर्यंत निमज्जन केलेल्या वेग भंजकामुळें प्राप्त झालेल्या जलविक्षोभाचे प्रमाण जलोच्छालाा इतकें परिपूर्ण असल्याने उतरतां अंचल पूर्ण वगळून हा परिणाम कमी खर्चात प्राप्त करतां येतो. पनामा कॅनॉल क्षेत्रांतील गॅटम धरणात बऱ्याच उंचीच्या धरणाखालीं उतरत्या अंचलावर वेगभंजक स्तंभ ठेवण्यापासून होणारे अनिष्ठ परिणाम दिग्दर्शित करण्यांत आले आहेत. या वेगभंजकांची देखभाल ही एक वारंवार होणाऱ्या त्रासाची आणि खर्चाची बाब होऊन बसली आहे असें प्रतिवृत्त आहे.



आकृति २२. रेहबॉक दंतुर उंबरा

३२. उदग्र डोणी

जेव्हां जलोच्छाल निर्मितीकरितां लागणाऱ्या खोलीपेक्षां पुच्छजलाची खोली बरीच जास्त असते तेव्हां आकृति १९g व २३ मध्यें दाखविलेल्या ग्रँड-कूली धरणात वापरतात तशा, वळकट, उदग्र आणि खोल अशा निमज्जित डोणीचा

संतोषजनक उपयोग करून ती निर्माण करता येते. पूर्वीच्या तिसऱ्या परिच्छेदात उल्लेखिलेल्या उतरत्या अंचलापेक्षा यांत काँक्रीटही कमी लागते मात्र प्रतिमान–चित्रावरून संपूर्ण अभ्यास केल्याशिवाय ही योजना वापरू नये. कारण यांत एखादा अत्यंत धोकादायक घटक असण्याची शक्यता असते जर पुच्छजलाची खोली फार कमी झाली तर, जलधारेनें ते पुच्छजल पुढें ढकलले जाते; आणि जवळ जवळ शीर्षजलाच्या पातळीच्या उंचीइतकी त्याची उंची वाढू शकते. त्यामुळें जवळ असलेल्या विद्युत्–घराची अगर अन्य मालमत्तेची नुकसानी होण्याचा संभव असतो. जरी पुरामध्यें सुरक्षितपणें कार्यान्वित होण्याइतके पुरेसें पुच्छजल मिळत असले तरीसुद्धा, पुढचे एक अगर अधिक दरवाजे आकस्मिकपणें उघडल्याने अगर दरवाजे उघडेनासे झाल्यास धाराजल फार मोठ्या प्रमाणांत हवेत उंच उडण्याचा संभव असतो या गोष्टीकडे लक्ष देणें जरूर आहे

आकृति २३. ग्रँडकूली धरणाचा सांडवा.

३३. चापाकृति धरणें

चापाकृति धरणाचे अभिकल्पन करतांना, पुष्कळवेळा, त्याच्या खालच्या बाजूचा दर्शनी भाग अगदी खडा अगर जवळ जवळ खडा ठेवण्यांत येतो. जर अशा धरणाच्या डोक्यावर उत्प्लव मार्ग ठेवला असेल तर (त्यावरून वहाणाऱ्या पाण्याची) धार, बांधकामाच्या दर्शनी भागापासून अलग होऊन, अडथळा न होता, हवेतून मुक्तपणें खाली पडते. जर तेथे कृत्रिम शमन–कुंड बांधलेले नसेल तर जलधारांच्या पतनामुळें जसा नैसर्गिक जलप्रपाताच्या पायथ्याशी खड्डा निर्माण होतो, तसा एक खोल खड्डा आपोआप निर्माण होतो.

उभ्या दिशेने खाली पडणाऱ्या पाण्याच्या धारेचा वेग पूर्णपणें नाहींसा करण्याकरितां पाण्याची खोली फार असावी लागते. काल्डरवुड धरणामध्यें, त्याच्या मुख्यबांधकामाच्या खाली, अगदी थोडचा अंतरावर एक उपबांध बांधून शमन–कुंड तयार केले आहे. आ. २४ मध्यें दाखविल्याप्रमाणें प्रवाहधारेच्या प्रक्षेप-पथाच्या रेषेत कुंडाच्या तळाशी काँक्रीटची एक वक्र डोणी बांधली आहे. या डोणीचे कार्य तळाशी खोलपर्यंत शिरलेल्या जलधारांतील तंतूचा आघात सहन करणें

आकृति २४. चापाकृति काल्डरवुड धरणाचे शमनकुंड.

आणि त्यांना वरून वहाणाऱ्या पाण्यांत वळविणें हे असते. पाण्याच्या धारेच्या सर्व प्रकारच्या प्रस्तावांत जलधारा–प्रक्षेप–पथाचा समावेश होऊ शकेल अशी शमनकुंडाची रुंदी ठेवलेली असते. प्रतिमान चित्रांच्या प्रयोगावरून असें दिसून आले आहे कीं, डोणीवर आघात करण्यापूर्वी जलधारांची शक्ति यत्किचीतही कमी झालेली नसते. पण नंतर मात्र, ती शक्ति संपूर्णपणें नाश पावते. काल्डरवुड धरणांतील ही शमनपद्धती अनेक मोठचा पुरामध्यें यशस्वीरीत्या काम देत आली आहे.

३४. खुजी धरणें

पुश्तवान् खडकावर आधारलेल्या खुज्या धरणांत तुलनेनें सोप्या साधनांचा उपयोग करून धूप–नियंत्रणाची समस्या बहुशः दूर करणें शक्य असते. परंतु अशा खुज्या धरणांचा पाया जर नरम अगर सुटचा, दाणेदार द्रव्यावर आधारित केला असेल, विशेषतः त्या धरणावरून जर अतिशय मोठे पूर जाण्याची योजना असेल तर अशा धरणांतील समस्या सोडविण्यांत फार मोठचा अडचणी येण्याचा संभव असतो. खुज्या धरणांत, ऊर्जा–विक्षेपण जलद होण्याकरितां जलोच्छालास "प्रत्यक्ष" आकार मिळावा लागतो पण तो आकार कमी जलशीर्षांत तसा प्राप्त होत नाहीं ही एक नवीच अडचण उपस्थित होते. उलट अनुप्रवाही दिशेनें कांहीं अंतरापर्यंत अग्रगामी तरंगाची मालिका असलेल्या सर्पिल आकाराचा जलोच्छाल निर्माण होतो. अशा तरंगमालेमुळें प्रत्यक्ष

जलोच्छालामुळें[११] निर्माण होणाऱ्या वेगापेक्षां तळांतील वेग तुलनेनें अनुप्रवाही दिशेनें बऱ्याच अंतरापर्यंत टिकून राहतो. शिवाय जेव्हां जलशीर्ष कमी असते त्यावेळीं दिलेल्या विशिष्ट प्रस्रावाच्या वेळीं तत्सम उत्प्लवीधार तुलनेनें जास्त जाड असते. आणि जर वेगभंजक अगर उंबरठे भरपूर उंचीचे नसतील तर अशा वेगभंजक स्तंभांच्या अगर उंबरठ्यांच्या साहाय्याने ती धार फोडणें जड जाते. परंतु, धारांच्या कमी वेगमानांत निर्वात अवस्थेच्या अनुपस्थितीमुळें वेगभंजक स्तंभांचा अगर उंबरठ्यांचा उपयोग करणें अनुज्ञेय असते. ज्या नद्यांचा तळ नरम द्रव्याचा असतो तेथे धरणाच्या खाली अपक्षरण नियंत्रणास मदतच मिळते. कारण अशा नद्यात प्रवाहवेग कमी असतो आणि त्या मानाने तेथे जास्त पूर येण्याची परिस्थिति असते हे त्यांचे वैशिष्टच आहे. आणि ह्या दुसऱ्या गुणधर्मामुळें प्रवाहधारेचे परिणामकारक शमन होण्याकरितां पुच्छ-जलाची पुरेशी खोली निर्माण होण्याकडे प्रवृत्ती असते. अशा नद्यांत पुराचे वेळी पुष्कळवेळां उत्प्लव मार्गाचें शीर्ष बुडून जाते. पुष्कळ खुज्या धरणांत, अपक्षरण नियंत्रण–समस्या सोडवितांना त्या ठिकाणीं पूरदरवाजे असणें ही एक अडचणीची बाब होऊन बसते.

तळांत, नरम अगर सुटे दाणेदार द्रव्य असलेल्या नद्यांच्या पुरामध्यें पाण्याची अपक्षरणप्रवृत्ति व त्या द्रव्याची क्षरणप्रतिरोधक शक्ति यांत इतका नाजूक समतोल अनेकवेळा अस्तित्वात असतो की, त्या जागी पुच्छजलातील स्वाभाविक वेगापेक्षा जरा वेग वाढला कीं तेथें गंभीर अपक्षरण होऊ लागते. अशा द्रव्यावर आधारलेल्या बांधकामांचे बाबतींत, प्रवाहधारा फरशी केलेल्या अंचला बाहेर पडण्याच्या आतच त्यातील सर्व अतिरिक्त शक्तीचे विक्षेपण करणें जरुरीचे असते. अंचलाच्या खालच्या बाजूच्या नदीच्या पात्रातील एखाद्या भागापर्यंत या उच्च वेगाच्या प्रवाहधारा पोहोचल्या तर तेथील अतिशय वेगाने फिरणारे भोवरे नदीच्या तळापर्यंत न पोहोचतील असे करणें व त्यांमुळें त्या भागाचे होणारे अपक्षरण थांबविणें कठीण असते. सुदैवानें, पारगम्य द्रव्यावर आधारलेल्या धरणामध्यें झरणप्रवणता सपाट ठेवावी लागते. त्यामुळें धरण आणि अंचल यांच्या पायथ्याची एकूण रुंदी अंचलावर ऊर्जा विक्षेपण होण्यास पुरेशी होते. अशा धरणात, आधुनिक प्रथा अशी आहे कीं, तेथें सामान्यतः ओजीच्या आका-राचा उत्प्लवमार्ग बांधावयाचा, त्याच्यापुढें पुरेशा रुंदीचा समतल अंचल ठेवावयाचा आणि ते बांधकाम शेवटच्या उंबरठ्यात मिळवून द्यावयाचे. अशा अंचलामध्ये

तळटीप ११ "हायड्रॉलिक्स ओफ ओपन चॅनल्स," बॉरीस बॅकमेटेफ (Boris Bakhmeteff) यांचे; मॅकग्रॉ-हिल बुक कं., न्यूयॉर्क, १९३२.

कधी वेगभंजग स्तंभ असतात अगर कधी ते नसतातही (आ. २२ पहा.). सामान्यत: अंचलाची पातळी नदीच्या तळाच्या पातळीइतकी असते. पण कधीं-कधीं ती काहीशी वरही असते. परंतु, जर एका विशिष्ट प्रस्रावाच्या ठिकाणीं जलोच्छाल अंचलाच्या बाहेर ढकलला जात असेल तर तेथें नदीच्या तळाच्या स्वाभाविक पातळीपेक्षा अधिक खोलीवर, अंचल न्यावा लागेल. काही धरणात उत्प्लवमार्गाच्या खालच्या दर्शनी बाजूस क्रमश: उतार देण्यात येतो आणि तेथे एक अगर अधिक पायऱ्यांची तरतूद करण्यात येते. अशा पायऱ्या कधी सपाट असतात तर कधी त्यात पोचे पाडलेले असतात. या तरतुदीने जलोच्छालात प्रवाहधारा फोडण्यास जास्त क्षेत्र मिळण्यास मदत होते. आ. ४ मध्यें कोलोरॅडो नदीवरील इंपीरिअल धरणाचा छेद दाखविला आहे आणि त्यात वरील कांहीं उपांगांचे चित्रणही केले आहे. उत्प्लवमार्गाच्या पायथ्याशी पोचे पाडलेली एकच पायरी, आणि काँक्रीटच्या अंचलाच्या खालच्या टोकाशीं पोचे असलेला एक उंबरठा बांधण्यात आलेला आहे.

३५. अंतदेहल्या (End-Sills)

जेथें उच्च दर्जाच्या अपक्षरण-नियंत्रणाची जरूर असते तेथे समतल अंचलाच्या खालच्या बाजूच्या कोरेवर, कोणत्या तरी प्रकारच्या अंतदेहल्या नेहमी बांधाव्या लागतात. धरणाच्या निकटवर्ती परिसरात ,नदीच्या तळापासून अवशिष्ट जलधारा-तंतू दूर रहावेत आणि पुच्छजलातून त्यांचे विकिरण व्हावें म्हणून ही तरतूद केलेली असते. वेगभंजक स्तंभ वापरून अगर त्यांचेशिवाय जलोच्छालाच्या साहाय्यानें, जलधारेतील शक्तीचा बराचसा भाग नाश होण्यापूर्वी जलधारेच्या मार्गात अशी "देहली" समाविष्ट करुन तिचे परिणामकारक शमन करणें शक्य नसते.

अंचलावर जर वेगभंजक स्तंभ वापरले नसतील तर पोचे पाडलेल्या देहलीचा परिणामकारक उपयोग करता येतो. याबाबत विशेषेंकरून डॉ. टी. रेहबुक् यांची एकस्व केलेली (Patented) अभिकल्पना परिणामकारक ठरली आहे. ही अभिकल्पना आ. २२ मध्यें दाखविली आहे. दुसऱ्या अभिकल्पनेमधीलही पोचेदार देहल्या बाजवी प्रमाणांत चांगल्या प्रकारें काम देतात. जर अंचलावर वेगभंजक स्तंभ उभारले तर अंतदेहलींत पोचे पाडण्याची जरूरी नसते. परंतु, वरच्या बाजूच्या दर्शनी भागास खडा उतार असलेली व उतरती अगर पायऱ्या असलेली साधी देहली वापरण्यात यावी (आ. २०). जर वेगभंजक स्तंभ वापरले नाहींत तर तलस्थित वलयाकृति धारापुंज (bed-roller) अगर देहलीच्या निकटवर्ती खालच्या बाजूस मुख्य प्रवाहधारेखाली फिरत्या पाण्याचा

पुंज निर्माण करण्याकडे साध्या अंतदेहलींची प्रवृत्ति होते आणि देहलीच्या थेट खाली, नदीच्या तळात, वरच्या बाजूस जोरदार प्रवाह निर्माण होतो.

३६. वेगभंजक स्तंभावरील निर्वात-स्थिती

घन पदार्थाच्या आसपास निर्वात स्थिति उत्पन्न झाल्यास त्या पदार्थाची खराबी खालील पद्धतीने होते. पाण्याच्या v या वेगानें वहाणाऱ्या प्रवाहांत जेव्हां एकादा पदार्थ प्रक्षेपित होतो तेव्हां त्या पदार्थाच्या खालच्या बाजूवरील दाब प्रवाहाच्या सर्वसाधारण वेगापेक्षां $v^2/2g$ इतक्या प्रमाणांत कमी होतो. जर तो वेग इतका जास्त असेल की त्यामुळें त्या पदार्थाच्या नजिकच्या अगर त्याच्या पाठीमागच्या कोणत्याही बिंदूवरील दाब पाण्याच्या बाष्पदाबाइतका कमी होईल तर त्या द्रव पदार्थात एक मोकळी जागा अगर निर्वात कप्पा निर्माण होतो. तेथें निर्वात-कप्पा निर्माण झाल्याने तेथील कॉंक्रीटचे शीघ्र गतीनें विघटन होते.

निर्वातकप्पा निर्माण न व्हावा म्हणून खालीलप्रमाणें परस्परसंबंध असले पाहिजेत :—

$$p_a + S - j\frac{v^2}{2g} \geqq p_v$$

pa = वातावरणातील दाब–जलफूट.

S = स्तंभ अगर ऊंबरठ्याचे जरूर ते निमज्जन, फूट.

j = स्तंभाच्या अगर ऊंबरठ्याच्या आकारावर अवलंबून असलेला गुणांक (प्रतिमान चित्रावरून केलेल्या प्रयोगावरून हा ठरविला जातो).

$\frac{v^2}{2g}$ = स्तंभ अगर ऊंबरठ्याच्या जागीं असलेले वेगशीर्ष, फूट.

pv = दिलेल्या तपमानांत निर्माण झालेला बाष्पदाब (जलफूट) (बाष्पसारणी पहा).

$j\frac{v^2}{2g}$ = भोवतालच्या पाण्याच्या खालील दाबांतील घट.

वरील समीकरणांत पुढील गोष्टींची जरुरी असते :– वायुदाबानें निर्देशित केलेला अडथळचाजवळील निव्वळ दाब, p^a अधिक निमज्जन S उणे अडथळचाच्या बाजूने जाणाऱ्या प्रवाहाच्या उच्च वेगामुळें झालेली दावातील घट $j\frac{v^2}{2g}$ ही पाण्याचा बाष्पदाब p इतकी अगर त्या पेक्षा जास्त असली पाहिजे.

म्हणुन निर्वात स्थिती टाळण्यासाठी लागणारे किमान निमज्जन खालील-प्रमाणे असते.

$$S = j \frac{V^2}{2g} + P_v - P_a \qquad (८)$$

क्षितीजसमांतर पृष्ठभागावर आधारित केलेल्या आणि दोन पृष्ठे प्रवाहाच्या दिशेशी काटकोनात असणाऱ्या पृथःक घनाकृती वेगभंजक स्तंभाचे बाबतीत आणि विविध आकार असणाऱ्या पण अपरप्रवाही बाजूने उभा पृष्टभाग असणाऱ्या वेगभंजक स्तंभाचे बाबतीत j चे अंदाजे मुल्य ०.६८ असते.

आ. २५. रेडबॅंक धरणाच्या अभ्यासाकरता बांधलेल्या सांडव्याचे प्रतिमान चित्र वापरुन अडथळा करणाऱ्या स्तंभाच्या परिणामकारकपणाची केलेली चाचणी

आकृती २५ : रेडबॅंक धरणावरील अभ्यासाकरिता बांधलेल्या सांडव्याचे प्रतिमान चित्र (मॉडेल) वापरुन वेगभजक स्तभाच्या प्रभावीपणाची केलेली चाचणी.

सामान्यत परिक्षेची मदत न घेता वेगभंजक समूहाच्या संकल्प चित्राने किंवा तत्सम शमनकुंडाच्या साधनांनी निर्वात स्थितीच्या शक्यतेबद्दल केवळ कागदावर अचूक विश्लेषण करणे शक्य होत नाही. विशेषेकरुन जर ८ वे समीकरण वापरावयाचे असेल तर वेगभंजक स्तंभांच्या माथ्याचे निमज्जन j आणि पुच्छजलखोली d यातील संबंध निश्चित करण्यासाठी स्तंभांचा विशिष्ठ आकार व मांडणी यासाठी लागु पडणारे ‘ j ’ चे मुल्य ठरविण्यासाठी आणि वेगभंजक स्तंभावर पाणी आपटताना असणारा प्रत्यक्ष वेग ‘ v ’ ठरविण्यासाठी अशी चाचणी आवश्यक असते. यातील संबंध निश्चित करण्यासाठी उघड्या जागेवर सामान्य प्रातमानाचे बाबतीत वेगभंजक स्तंभाच्या माथ्यावर, बाजुच्या-वर व अनुप्रवाही बाजूवरील पृष्ठभागावर पडणारा दाब हा त्या पृष्ठभागावर दाबमापीची प्रवेशछिद्रे ठेवून प्रत्यक्षपणे सुलभपणे मोजता येतो.

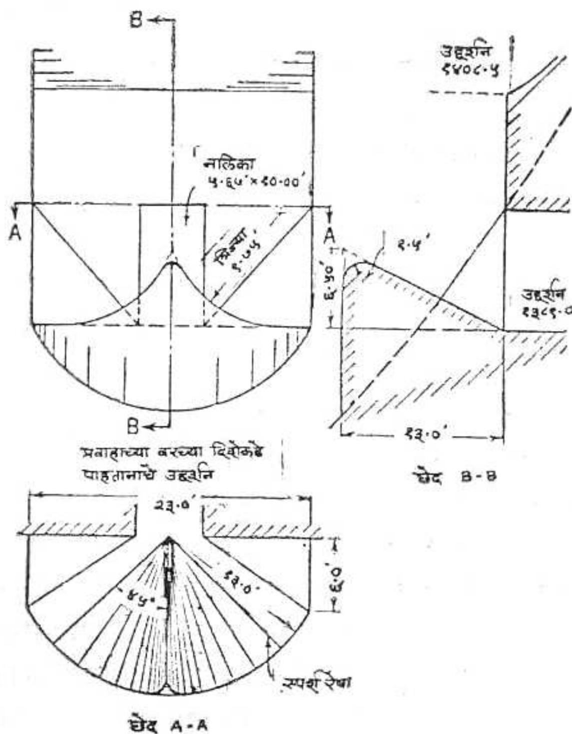
परिणत दाबापैकी एखादा, पूर्णाकृती प्रतिमानावर संक्रमित करताना जर बाष्पदाबापेक्षा कमी होत असेल तर पूर्णाकृती प्रतिमानात (प्रोटो–टाईप) निर्वातस्थिती उत्पन्न होणार हे उघड आहे. जर दाबमापीत प्रवेशछिद्रे नसतील व ज्या ठिकाणी वेगभंजक स्तंभाचा आकार असा असेल की त्याचे 'j' चे मूल्य माहीत आहे अशा बाबतीत निर्वातस्थितीची क्षमता संगणनाने अंदाजे काढता येईल. हे उदाहरण २५ क्रमांकाच्या आकृतीमध्ये दाखविलेल्या सांडव्याच्या प्रतिमान चाचणीवर आधारलेले आहे. या आकृतीतील सर्व राशी पूर्णाकृती प्रतिमानाच्या आहेत. या प्रतिमान चाचणीत ज्यावेळी वेगभंजकस्तंभ वापरले नाहीत त्यावेळी जलोच्छाल अंचलाच्या पलिकडे ढकलला जाऊ नये म्हणून आवश्यक असणारा पुच्छजलाची खोली २९·५ फूट ठेवली होती. ३·७५ फूट बाजू असणाऱ्या व तेवढ्याच अंतरावर असलेल्या घनाकृती वेगभंजक स्तंभांच्या एका ओळीमुळे जलोच्छाल स्थिर राखून पुच्छजलाची खोली सुमारे २५ फुटा–पर्यंत कमी करता आली. मात्र ही खोली आणखी कमी करण्याने पाण्याचे फवारे वेगभंजक स्तंभाजवळ उडणे व त्याच्या माथ्यावर २० फूट निमज्जन होऊ देणे शक्य झाले या वेगभंजक स्तंभामुळेच पुच्छजलाची खोली २६ फूट असताना अधिक स्थिर जलोच्छाल निर्माण करता आला. यावेळी वेगभंजक स्तंभाच्या माथ्याचे निमज्जन १५ फूट होते आणि स्तंभाकडे जाणाऱ्या पाण्याचे (प्रतिमानात पिटार नलिकेवरून मोजलेले) सरासरी वेगशीर्ष सुमारे ९१–० फूट होते. वातावरण दाब आणि जलबाष्पदाब हे अनुक्रमे ३४ फूट व १ फूट यांस तुल्यबळ आणि d = ०–२८ अशी मूल्ये जर गृहीत धरली तर निर्वातस्थिती टाळण्यासाठी S = ० – ६८ (९१) + १ – ३४ = २९ (समीकरण ८ प्रमाणे) फूट असे येईल. प्रत्यक्षात असणाऱ्या १५ फूट निमज्जना पेक्षा हे बरेच ज्यास्त असल्यामुळे पूर्णाकृती प्रतिमानात वेगभंजक स्तंभाजवळ गंभीर स्वरूपाचा निर्वात कप्पा तयार होईल. अशाप्रकारे केलेले संगणन हे निश्चित निष्कर्ष दाखवित नसून ते केवळ अदाज मूल्ये दर्शविते असे मानावे लागते. कारण वेगभंजक स्तंभावर आपटण्याच्या अगदी अगोदर पाण्याचा प्रत्यक्ष सरासरी वेग ठरविणे कठीण असते. पिटाट नलिकेद्वारे घेतलेल्या चाचण्या या ठिकाणच्या वेगाचे वितरण अगदी असमान असल्याचे दर्शवितात.

कार्नेजी टेक्नॉलॉजी इन्स्टिटयूट मध्ये एक विशेष उपकरण बनविण्यात आले आहे. त्यात प्रतिमान सांडव्याखालील संपूर्ण भाग रेखीव प्रतिमान प्रमाणा-बरहुकूम असतो. केवळ मूल्य वातावरण दाबापेक्षा कमी ठेवता येते. त्यामुळे पूर्णाकृती प्रतिमानातील निर्वात कप्पे त्याच आकारात व त्याच जागी या प्रति–मानात पुनर्निर्माण करता येतात व जाड सपाट काचेच्या खिडकीतून प्रत्यक्ष

दिसू शकतात. जेथे निर्वात स्थिती नाहीशी करण्यासाठी अथवा निर्वात स्थिती-मुळे होणारी हानी कमीत कमी करण्याच्या उद्दोष्टाने वेगभंजक स्तंभाच्या किंवा अन्तर्देहल्यांच्या अभिकल्पनात बदल करावयाचा असेल तेथे हे उपकरण उघडचा-सामान्य प्रतिमान व्यवस्थेपेक्षा अतिशय फायदेशीर ठरते. खवले पडू नयेत किंवा ते कमीतकम पडावे म्हणून वेगभंजक स्तंभाच्या काँक्रीटच्या पृष्ठभागास किंवा लगतच्या भपृष्ठास चिकटून निर्वात कप्पे तयार न होता ते पाण्याच्या प्रवाहाने पूर्णपणे वेढले जातील असे ते तयार केले जावेत या दृष्टीने वेगभंजक स्तंभाची अभिकल्पना करता येण्याची शक्यता या उपकरणामुळे अधीक वाढली आहे.

३७. धारा विक्षेपक आणि शमनकुंडे

ज्यावेळी स डव्याखालील पुच्छजल, जलोच्छास निर्माण होण्यासाठी अगदी उथळ असेल आणि शमनकुंड बांधणे योग्य ठरत नसेल, त्यावेळी सांडव्याची वरच्या बाजूस वळणारी डोणी वापरता येते याचा पूर्वी उल्लेख केला आहेच. यामुळे धारेचे किंचित वरच्या दिशेने हवेत विक्षेपण होऊन ती डोणीच्या अनु-प्रवाही बाजूस थोडचा अंतरावर पुच्छजलास जाऊन थडकते. या व्यवस्थेमुळे सहसा धारेचा प्रक्षेपणपथ ज्याजागी प्रवाहास छेदतो त्याठिकाणी प्रवाह तळाची धूप होते. जेथे पुच्छजलास धडकण्यापूर्वी धारेचे आडव्या पातळ पट्टचात विस्तारण करता येणे शक्य असते तेथे ही धूप टाळता येते. ज्या ठिकाणी चारीच्या रुंदीपेक्षा अगदी कमी रुंदीचा पुच्छजल प्रवाह बाहेर पडतो त्या बोगद्यातून अथवा निर्गम नलिकेतून ही धारा येत असेल तर अशी परिस्थिती उद्भवते. पातळ पंख्याच्या आकाराचा हा पाण्याचा पट्टा पुच्छजलाच्या पृष्ठभागावरुन धडकण्याच्या जागी वरच्या वरुन वाहून जाण्याचा संभव असल्याने त्याचा पुच्छजलात अगदीच थोडास शिरकाव होऊ शकतो. ब्ल्यू स्टोन धरणाच्या निर्गम नलिकेतून बाहेर पडणाऱ्या धारेस विस्तारित करणाऱ्या विक्षेपकाचे संकल्पचित्र आकृति २६ (अ) त दाख-विले आहे आणि आ. २६ (ब) ही रेडक्रॉस धरणासाठी वापरण्यात येणाऱ्या तत्सम विक्षेपकाच्या प्रतिमानातून बाहेर पडणारी धारा दर्शविते. आयोजित योगिहोचेना धरणाच्या निर्वात नलिकेतून बाहेर येणाऱ्या धारेचे विस्तरण कर-णारा विक्षेपक हा रुढ संकल्पनेतील शमनकुंडीपेक्षा कितीतरी अधिक फायदेकीर असल्याचे दिसू न आले आहे.



आ. २६ अ प्रस्तावित य्ल्यूस्टोन धरणाच्या निर्गम नलिकेकरता धारा विक्षेपक

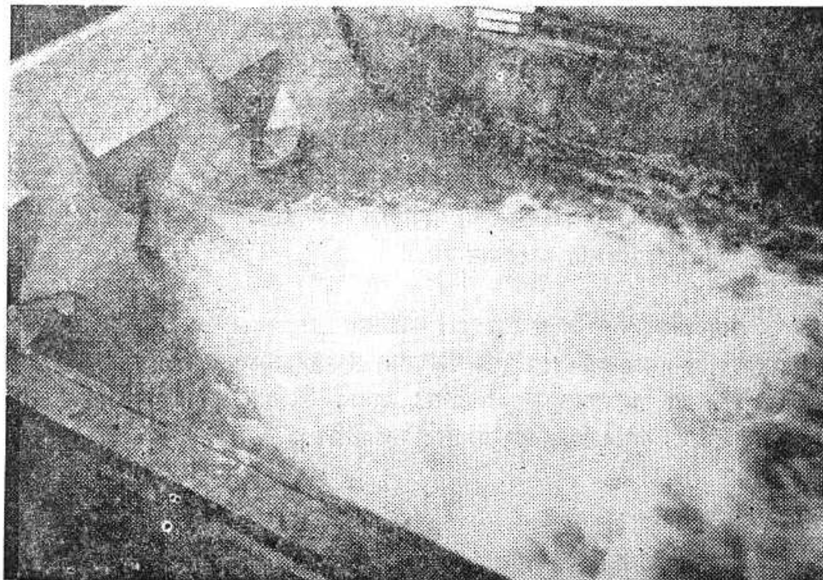
आ. २६ (अ) प्रस्तावित य्ल्यूस्टोन धरणाच्या निर्गम नलिकाद्वाराकरिता धारा विक्षेपक–

प्रवणिकेच्या अथवा बोगद्याच्या निर्गमद्वारात बहुशा शमनकुंड बांधलेले असते आणि जलोच्छालात प्रवेश करण्यापूर्वी धारेचे आडव्या पट्टयात विस्तारण होईल अशारीतीने सामान्यपणे त्याचे अभिकल्पन केलेले असते. साधा जलोच्छाल अथवा पायऱ्या, वेगभंजक स्तंभ किंवा देहल्या यांच्या साहाय्याने अरुंद व खोल धारेपेक्षा रुंद व उथळ धारेचे भंजन करणे अधिक सुलभ होते. या शमनकुंडाच्या अभिकल्पनात अंतर्भूत असणारी मूलभूत तत्वे ही धरणातील सांडव्याच्या खाली असणाऱ्या सामान्य शमनकुंडाच्या बाबतीत पूर्वी वर्णन केलेल्या तत्वांसारखीच असतात.

३८. अंचलाखालील उत्क्षेप –

समतल चारीमध्ये, जलोच्छालाच्या अपरप्रवाही बाजूचे पाणी अनुप्रवाही बाजूच्या पाण्यापेक्षा ज्यास्त उथळ असते. जलोच्छालाचा सर्वसाधारण आकार आकृती १७ त दाखविला आहे आणि त्याखाली उतरती लांबी ही पाण्याच्या पृष्ठभागावरील उठावाच्या rised सुमारे सहापट असते. जर अंचल काँक्रीटचा असेल आणि नैसर्गिक खडकाची स्तररचना क्षितिज समांतर आणि जलनिष्कास नाली पुरेशी उभि नसेल तर जलोच्छालाच्या अनुप्रवाही बाजूच्या खाल पाण्याचा दाब स्तरातून मार्ग काढून कोणच्याही थरातील पूर्ण शंभर टक्केभामात पुच्छ–जलाच्या खोली हतका उत्क्षेपदाब निर्माण करेल. जलोच्छालाच्या उथळ भागा–खाली उत्क्षेपसमान पाण्याची खोलीच्यायोगे निरस्त न होण्याची शक्यता असते व दाब जर पुरेसा असेल तर खडकाचे थर बाहेर उचलले जाऊ शकतात,

काँक्रीटचा अंचल व शमनकुंडाच्या खाली असणारा कत्क्षेपदाब देखील विचारात घेणे आवश्यक आहे. कारण जर जलनिष्कास नाली ठेवली नसेल तर या अंचलावर कुंडाच्या काँक्रीटचे वजन (ऊर्ध्वगामी दाबास समतोल होईल एवढे) पुरेसे असावे लागते किंवा स्थिर राहण्यासाठी खडकात गुंतवावे लागते.



आ. २६ ब. आ. २६ अ मधल्या धाराविक्षेपका सारख्या पण रेडबँक धरणाकरता प्रस्तावित केलेल्या धाराविक्षेपकाची प्रतिमान चाचणी

चाचणी–

कॉंक्रीटमधून व खडकात पुरेशा खोलीपर्यंत जलनिष्कासन छिद्रे पाडून त्यात कॉंक्रीट घातलेला खडक यांचे निमज्जित वजन जलोच्छालाने पुन:प्रस्थापित पाण्याच्या खोलीस तुल्यबल करून उत्क्षेपदाब निरस्त करता येतो. जलनिष्कासन नालीच्या बहिर्गम अनुप्रवाही बाजूस उतार दिल्यास पाण्याचा वेग वाढत जाऊन त्यात अंशत: निर्वातन!स्थिती निर्माण होते व त्यायोगे उत्क्षेपामुळे होणाऱ्या नुकसानी विरुद्धचा सुरक्षा गुणांक वाढतो.

जर खडक क्षितिज समांतर दिशेने स्तरीभूत झालेला नसेल आणि उत्क्षेपाचा धोका फक्त कॉंक्रीट व खडक यांच्यामध्ये असेल तर खडकात छिद्रे पाडून त्यात लोखंडी गज गाराभरित करून कॉंक्रीटमध्ये गुंतवावेत.

काही ठिकाणी उथळपाण्याच्या क्षेत्राभोवती उत्क्षेप कमी व्हावा म्हणून कॉंक्रीटचा किंवा गाराभरीत काटमार्ग वापरण्यात आला आहे.

ज्यावेळी पाया मातीचा असेल आणि नेहमी लागतो त्याप्रमाणे अंचल किंवा शमनकुंस यांच्या स्वरुपात कॉंक्रीटने तो संरक्षित केलेला असेल तर त्यावेळी नेमकी तीच समस्या उभी राहील, आणि त्यावेळी तेच उपाय अमलात आणावे लागतील. मात्र या ठिकाणी कॉंक्रीट गुंतविता येत नाही. उत्क्षेपदाब निरस्त करण्यासाठी कॉंक्रीटच्या तळाशी निस्यंदकाने संरक्षित अशी जलनिष्कासन नाली बसविता येते पण कॉंक्रीटच्या खालच्या पायातील रंध्रदाबाचेही १४ व्या प्रकरणात वर्णन केल्याप्रमाणे संशोधन करावयास हवे.

आतापर्यंतच्या चर्चेमध्ये उत्क्षेपदाबाच्या समस्येचा विचार करताना जलाशयातील शीर्ष-जलामुळे निर्माण होऊ शकणाऱ्या उत्क्षेपदाबाकडे दुर्लक्ष करण्यात आले होते. या प्रकरणामध्ये पूर्वी ठोकळ मानाने सांगितलेल्या सिद्धांतांच्या साहाय्याने अशा गुंतागुंतीच्या समस्या सोडविता येतील.

३९. उत्प्लवगमन–

धरणावरून वाहून जाणाऱ्या पाण्याचा ऊर्जानाश करण्यासाठी तसेच पुच्छ-जलाचा वेग सामान्य परिस्थितीत असतो त्याच्या शक्यतो जवळच्या मर्यादेपर्यंत कमी करण्यासाठी काय उपाय योजने अवश्य आहे हे मागील भागामध्ये वर्णिले आहे.

तथापि, विशिष्ट प्रवाहास स्वाभाविक असणाऱ्या वेगापेक्षा संरक्षक साधना मधून निघणाऱ्या पाण्याचा वेग कमी करणे साहजिकच कठीण असते आणि अशा स्वाभाविक वेगामुळेही याचवेळी नदीच्या तळाची धूप होते. म्हणजे सामान्य परिस्थितीत पुराच्या वाढत्या टप्प्यामध्ये कित्येक नद्यांचे तळ खोल होतात. आणि पूर ओसरत असताना पुरातून वाहून आलेल्या गाळ व इतर पदार्थांमुळे पात्र उथळ होते.

धरणामुळे तयार झालेल्या जलाशयामुळे नदीतून वाहून आलेला माळ वगैरे माल सर्वच्या सर्व धरणाच्यावरील बाजूस खोल पाण्यात साचून जातो आणि पूर ओसरल्यावर नदीचा तळ पूर्व पातळीवर येण्यासाठी तो उपलब्ध होत नाही त्यामुळे कायम स्वरुपाचे पश्चगमन होते.

याकरता संरक्षक बांधकामाच्या अनुप्रवाही बाजूकडील टोकाजवळ नदीच्या तळावर योग्य ते संस्कार करणे आवश्यक असते. त्यामुळे ज्यावेळी पश्चगमन होते त्यावेळी संरक्षक बांधकामाच्या खालच्या बाजूकडील पायाची हानी होणार नाही.

यासाठी नेहमीची पद्धत, संरक्षक बांधकामाच्या चवड्यापाशी कॉंक्रीटचा काटमार्ग बांधणे किंवा स्थूणा रोवणे व त्यास साहाय्यक म्हणून मोठ्या दगडांची उतरण (ramp) बांधणे ही होय (आ. ४)

अंचलाच्या खालच्या बाजूस असणारी अश्मपडल (riprap) हा अंचलाचा चवडा व नदीच्या तळाची नवी उंची यामधील नवा उतार, अवस्थापन पक्के व्हावे यादृष्टीने ठेवलेला असतो आणि चवड्याजवळच्या अश्मपडलाचे थोडे फार निक्षेपण झाल्यास अंचलाचे जलोच्छालापासून संरक्षण व्हावे या उद्देशाने पट्टस्थान् पुरलेल्या असतात.

सांडवा धरणाचा चवडा हा [illegible] योग्य ती काळजी घतली पाहिजे. तसे न केल्यास पाणी मुख्य धारे वडे धरणास समांतर अशा दिशेने वाहू लागेल. ढाळ अधिक खडा असल्यास धरणाच्या किंवा अंचलाच्या चवड्याजवळच्या पायाची धूप होऊ शकेल एवढा प्रवाहाचा वेग वाढण्याची शक्यता असते. ही परिस्थिती टाळण्यासाठी ठराविक अंतरावर दगडाचा भराव, पक्के बांधकाम अगर अन्य कांही योग्य पथदर्शक बांध घालावे लागतील. बांधकामास कोणतीही हानी होऊ नये म्हणून हे बांध धरणापासून सुर-

वात करून अनुप्रवाही बाजूस पुरेशा अंतरापर्यंत नेलेले असतात. काही वेळा या पथदर्शक बांधाना जोड म्हणून नदीला समांतर अशा कालव्याची तरतूद केलेली असते त्यामुळे प्रवाहाचा वेग हळूहळू कमी होतो. हे बांधकाम साहजीकच खर्चाचे असते आणि विशेषत: दादा प्रवाहाच्या बाबतीत हे अगदी ठळकपणे नजरेस येते. व सांडव्याच्या लांबीवर नदीच्या समतल भागाच्या रुंदीची मर्यादा घालण्याची जरुरी भासते. बाजूच्या उभारावर असणाऱ्या अंचलाच्या मागापासून अनुप्रवाही कडेला एक छोटेसे पूरक धरण बांधून अंचलाकडे येणारा प्रवाह बंदिस्त करून नदीच्या पात्रात वळविता येतो.

12– " लगूना धरण " पहा– H इंज–न्यूज फेब्रुवारी ९,१९०५ आणि फेब्रु. २७,१९०८

५. संदर्भ ग्रंथ

४०. मांडणी- खालील संदर्भ ढोबळ मानाने विषयानुरूप मांडले आहेत तथापि काहीत अनेक विषयांवर माहिती असण्याची शक्यता आहे.

जलोच्छालाचे गुणधर्म काय असतील ?

वरील समीकरणानुसार

सामान्य –

१- डब्ल्यू-जे. मीड– " इंजनियरिंग जिऑलजी फॉर डॅमसाइटस "– मोठ्या धरणावरील दुसरे संमेलन. वॉशिंग्टन. डी. सी. खंड ४ १९३६ पा. १७१

२– आय. बी. क्रॉर बी– " जिऑलॉजी फॉर डॅम साइट्स. " अमे. सो. ऑफ इंजिनिअर्स, सॅन फ्रॅन्सिस्को सभेत जूलै १९३९ ला सादर केले –

३– खोस्ला, बोस, आणि टेलर – " डिझाइन ऑफ विअर्स ऑन पर्मिअबेल फाउंडेशन्स–" प्रकाशन क्र–१२, सेन्ट्रल बोर्ड ऑफ इरिगेशन, " सिमला, इंडिआ १९३६

४– पुढील बाब ५ मध्ये समाविष्ट केलेली विस्तारित संदर्भ ग्रंथ सूची

अभिकल्पनांचा उदाहरणे

५– १९३९ मध्ये अमि सोसा. ऑफ इंजनिअर्सनी १९३९ मध्ये पत्रिकांच्या स्वरुपात इ. डब्ल्यू. लेम ने बाब ७ ला पुरवणी म्हणून प्रकाशित केलेली अभिकल्पनाची १०० वर उदाहरणे.

६– " डॅम्स आणि कंट्रोल वर्क्स, " २ री आवृत्ती, यू. एस. ब्युरो ऑफ रेक्लमेशन १९३८ उत्थान (   ) झिरपण, आणि सर्पण रेषा –
७– ई डब्ल्यू– लेन– खालून होणाऱ्या झिरपणापासून संरक्षण. मातीच्या पाया–वरील चुनेगच्ची धरणे. अमे. सो. ऑफ सिव्हिल इजिनिअर्सची कार्यवाही १९३५ पा. १२३५

८– एल. एफ. हार्झा– " वाळूवरील धरणाच्या खालील उत्थान आणि झिरपण– अमे. सो. सि ई. ची कार्यवाही १९३५, पा. १३५२
९– जे. ए. एछ ब्रेट्झ – " पाझरणाऱ्या पाण्यामुळे निर्माण होणारे दाब आणि जलीय संरचनातील प्रतिबलावरील त्यांचा प्रभाव– " मोठ्या धरणावरील २ ऱ्या संमेलनातील कार्यवाही– वॉशिंग्टन डी. सी. १९३६, खड ५ पान ४३.

प्रवाहजाल

१०– " दि इलेक्ट्रिकल ॲनॉलजी फॉर पर्कोलेटिंग वॉटर इन कनेक्शन वुइथ दि डिझाइन ऑफ अर्थ डॅम्स ॲड आदर हायड्रॉलिक स्ट्रक्चर्स इन दि लॉस ॲंजेलिस डिस्ट्रिक्ट – तांत्रिकज्ञापन, यू. एस. इंजनिअर कचेरी, लॉस ॲंजेलिस, कॅलि. मे १९१९

११– एछ- एम- हिल– " सीपेज थ्रु फाऊंडेशन्स आणि ॲंबॅकमेंट्स स्टडीड बाय ग्लास मॉडेल्स, " सि. इंज. जानेवारी १९३४, पा. ३२.
१२– लेन कॅंबेल, आणि प्राइस – " दि प्लोनेट ॲड इलेक्ट्रिकल ॲनॉलजी –" सि. इं. आक्टोबर १९३४, पा ५१०

बाबी ३ व ७ ते ९ सुद्धा पाहाव्या –

गाराभराई –

१३ – जे. बी. हेज – " इंप्रूव्हिंग फाउंडेशन रॉक फॉर डॅम्स "– सि. इ. मे १९३९, पान ३७७

१४ – " थाऊजंड्स ऑफ होल्स ग्राउइडेड अंडर नॉरिसडॅम " इंज. न्यूज रेकॉर्ड, नोव्हें. २१, १९३५, पान ६९९

१५ – आर. मॅक. ज्यूफीड – टेकनीक ऑफ प्रेशर ग्राउटिंग ऑफ फाउंडेशन्स " –वेस्टर्न कन्स्ट्रक्शन न्यूज. ऑक्टोबर १०, १९२८.

१६ – एफ- एछ- के लांग – " क्ले ग्राउटिंग ॲट मॅड्डन रेझर्व्हॅयिर " – इंज न्यूज रेकॉर्ड, ऑक्टो. ६, १९३२, पान ३०५.

१७ – जोन्स आणि मिनिअर – " ग्राउटिंग दि फाउंडेशन ऑफ बोल्डर डॅम "– सि. इं. डिसें. १९३६, पा. ८१०

१८ – " ग्राउटिंग सीलस अॅलकोव्हा डॅम, " इ. न्यू. रेकॉर्ड सप्टें. ३, १९३६ पान ३२३.

१९ – जे. डी, लेविन – " ग्राउटिंग वुइथ केमिकल्स ", इं. न्यू. रेकॉर्ड, ऑगस्ट १७, १९३९, पान ६१

२० – जी. डब्ल्यू. ख्रिस्टिअन्स, " अॅस्फाल्ट ग्राउटिंग अंडर हेल्स बार डॅम, " इं. न्यू. रेकॉर्ड, मे १९२६ पान ७९८.



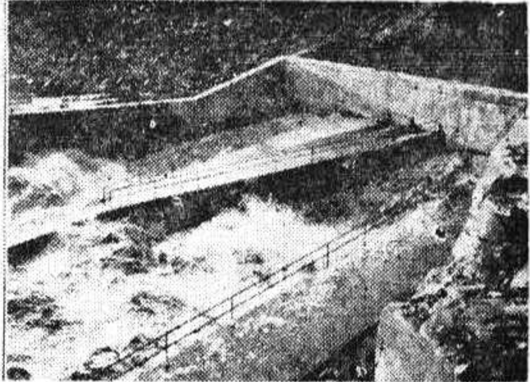
प्रकरण ४ थे

जलिय प्रतिमान अभ्यास

जॉर्ज इ, बार्नस १

१ – प्रास्ताविक - जलीय प्रतिमान अभ्यासाचे, जलीय संरचनांच्या विश्लेषणात्मक संरल्पना बदलणे व तपासून पहाणे यासाठी उपयोग वाढू लागले आहेत जलीय प्रतिमाने ही बहुदा पूर्णाकृती ते प्रतिमान यांच्यातील प्रमाणगुणक (**L**) १०–१०० पर्यंत राहील अशा रीतीने केली जातात. जर प्रतिमाने जास्त मोठी असतील तर त्यावरील खर्चही मोठा असतो. जर ती कमी आकाराची असतील तर आवश्यक त्या सूक्ष्मतेने त्यावर चांचण्या करता येत नाहीत. प्रमाण गुणांक निश्चित केल्या नंतर, प्रतिमान चांचणीतील निष्कर्षांना आयत गुणकाने गुणून प्रत्यक्षातील संभाव्य स्थितीस्थिती पडताळली जाते. प्रतिमान चांचणीमुळे परिचालन परिस्थितील संरचनेच्या वर्तनाचे पूर्वदर्शन घडते. आणि त्यामुळे गुणात्मक राश्यात्मक असे दोन्ही प्रकारचे निष्कर्ष प्राप्त होतात. आ. १ मध्ये ओहायहो मधील मस्किंगम वॉटरशेड कॉन्झव्हॅन्सी जिल्ह्यातील (मास्किंगम जलसिंचन,





आ. १. प्रतिमान चित्र　　आ. २ मूलकृति

मोहॉक धरणाची शमन द्रोणी.

(मास्किहॅम जलसिंचन संरक्षर परगण्यातील) मोहाक धरणाजवळच्या शमन-कुंडाच्या प्रयोगशालेय प्रतिमानाचे दृश्य दाखविले आहे. या शमनकुंडाची प्रवाहक्षमता पूर्णाकृतीतील २५००० से. फू. इतकी आहे २८ जानेवारी १९३७ रोजी आलेल्या पुराचे वेळी पूर्णाकृतीतून २५००० से. फू. प्रवाह जात असल्याने आ. २ मध्ये दाखविले आहे. या दोन छाया चित्रांच्या १ - केस स्कूल ऑफ ॲप्लाईड सायन्स येथे हायड्रॉलिक्स आणि सॅनिटरी इंजनिअरिंगचे प्राध्यापक आणि सिव्हिल इंजिनिअरिंग या विभागाचे प्रमुख तुलनेवरून, पूर्णाकृतीतील प्रवाहस्थिती विषयी प्रतिमान चांचणीने कितपत अंदाज करता येतो याची ढोबळपणे कल्पना येते.ल्प

आता आधिक सुसज्ज जलीय प्रयोग-क्षेत्रातील अनुभवी माणसे काम करीत आहेत. या क्षेत्रातील नवख्या माणसांकडून अनेक वेळा चुका होण्याची शक्यता असल्याने जलीय प्रतिमान चांचण्या केवळ अशाच (वर उल्लेख केल्याप्रमाणे सुसज्ज) प्रयोग शाळांच्याकडे सोपविण्याचे धोरण असते.

२ - समरूपतेसाठी आवश्यक असणाऱ्या गोष्टी —

जलीय प्रतिमानावरील चांचणीच्या निष्कर्षाचा प्रत्यक्ष संरचनेसाठी उपयोग करताना जलीय समरूपतेच्या बाबी पुऱ्या होणे आवश्यक असते. जॉन आर

फीमनने "हायड्रॉलिक लॅबोरेटरी पॅक्टिस " या आपल्या पुस्तकात खालील व्याख्या दिल्या आहेत. " जलीय समरुपतेच्या सिद्धांताची थोडक्यात पण अंशतः अशी व्याख्या करता येईल की चारीतून वाहणाऱ्या पाण्याच्या प्रवाहाचे वर्तन नियंत्रण ज्या चारीतून पाणी वाहते त्या चारीचे सदर्भात करणे शक्य झाल्यास (काही मर्यादे पर्यंत) त्याच कारणामुळे लहान प्रमाणावरील प्रतिमानातील प्रवाह - वर्तमानाप्रमाणेच मोठ्या जलमार्गातील किंवा संरचनेतील प्रवाहाचे वर्तन असेल. "

दोन प्रवाह व्यवस्था (पुर्णाकृती प्रतिमानाचे बाबतीत) सीमेवरील स्थिती आणि प्रवाह रेषांचे बाबतीत जडत्व बला शिवाय भौतिक दृष्टया समरस असतील व दोन्ही समाजातील बले एकमेकाशी स्थायी गुणोत्तरात असतील तर गतिज-पणातही समरुप असतात. वाहणाऱ्या पाण्याच्या बाबतीत विचार करता नेहमी खालील पैकी एक किंवा सर्व बले अस्तित्वात असू शकतात. (अ) गुरुत्वाकर्षण (ब) विष्यंदता (क) लवचिकता आणि (ड) पृष्ठतणाव - जलीय अनुरुपतेसाठी आवश्यक बाबी बैजिक स्वरुपात अधिक सुलभतेने माडता येतात. त्यात बसलेल्या अंशभूत घटकात व मापात (लांबी, वेग, वजन इ.) मांडली जातात. बैजिक समी करण संक्षिप्त करुन अगदा सुलभ स्वरुपात मांडली की त्यापासुन समरुपतेच्या कसोटया स्पष्ट पणे प्राप्त होतात.

३ – समरुपतेच्या कसोटया –

या कसोटया म्हणजे जी कोणती बले अस्तित्वात आहेत त्याप्रमाणे बले वापरुन केलेली पण मापन मुल्य नसणारी गुणोत्तरे होत. मापनमुल्य नसल्याने विश्लेशणात वापरलेल्या मापनपद्धतीमुळे त्याचा केवल बदल होत नाही. जर दोन्ही व्यवस्था गतिक दृष्टीने सयरुप व्हावयाच्या असतील तर गुणोत्तराचे प्रत्येक व्यवस्थेतील केवल मुल्य तेच असले पाहिजे. जलीय प्रयोग करणारे ज्यास्तीत जास्त फ्राऊड अंक आणि रेनॉल्ड्स अंक ही मापन मुल्ये नसलेली गुणोत्तरे खालील प्रमाणे वापरतात.

कार्यान्वितबल	मापनमुल्य विरहीत	नांव	सामान्य पदनाम
गुरुत्वाकर्षण	$\frac{V^2}{gL}$	फ्राऊड अंक	F
विष्यंदता	$\frac{VLP}{r}$	रेनॉल्ड्स अंक	R

यांत

V = वेग
L = प्रवाहाशी संबधित कोणतेही लांबीचे परिमाण (व्यास, जलीय त्रिज्या, इत्यादी.) (L हा बहुदा व्यास दाखवितो हे लक्षात घ्यावे. ज्या ठिकाणी शीर्ष, लांबी, या सारखी इतर लांबीशी संबधित गुणके रसतील तेथे अंकाचे मूल्य बदलेल)
ρ –द्रवाची वस्तुमान घनता (Cw/g)
६०° F (तपमानास पाण्यासाठी
ρ = ६२.४/३२-२ = १-९४ प्रतिघनफूट–स्लग
ɥ= निष्यंदता गुणक – पाण्यासाठी
६० F ला ०.००००१३६ पौन्ड सेकंद/फूट²
Y = गतिक वेग = =lu'/ρ
=६०° F पाण्काकरता
= ०.०००० २३६/१-९४
= ०.०००० १२१७ चौ. फू./से.
(
g = गुरुत्वाकर्षणाचा प्रवेग
=३२.२ फू./से./से.

पृष्टतणावातील समरुपतेच्या संदर्भातील सापन्यमूल्य नसणारा((diamentionless) गुणोत्तर अंक, 'वेकर अं क, व लवचिकतेच्य संदर्भात 'कॉचीचा' अंकास वेकर अंक, व लवचिकतेच्या संदर्भात " कॉचीचा अंक वापरतात तथापि पृष्ठतणाव व लवचिकता यांचा जलीय प्रवाहावर होणारा परिणाम दुय्यम दर्जाचा किंवा दुर्लक्ष करता येण्यासारखा असल्याने या पुस्तकात फक्त गुरुत्वाकर्षण आणि निष्यदंता यांचाच विचार केला आहे. जर गुरुत्वाकर्षन व निस्यदता या दोघांचा प्रवाहावर परिणाम होतो असे मानले तर ज्यावेळी फ्राऊड अंक आणि रेनॉल्डस अंक हे दोन्हीही प्रत्येक व्यवस्थेत संख्यामूल्यामध्ये समान असत्तील तर दोन्ही व्यवस्था गतिज दृष्टीने समरूप असतील. व्यवहार्य कारणामुळे या दोन्ही अटी एकाच वेळी पूर्ण करणे अशक्य होते म्हणून प्रभावी बलांच्या संदर्भातील समरुपताच मुख्यत्वे विचारांत घेतली जाते,

४ – द्रव प्रवाहाचे प्रकार –

अभियंत्याला तीन प्रकारच्या प्रवाहात विशेष रस असतो. १ पत्रित (Laminar) प्रवाह; हा गुळगुळीत पृष्ठभागाच्या नळातून वाहणारा अगर

कमी वेगाचा प्रवाह असतो. तसेच वालुकामय पदार्थांतून वाहणाऱ्या प्रस्राव सारखाही तो असतो. अशा वेळी L हा व्यास मानते आणि घर्षण वेगाच्या सरळ गुणोत्तरात आहे असे मानले तर R चे मुल्य २३०० पेक्षा ज्यास्त असते. (२) ज्या ठिकाणी R चे मुल्य २५०० पेक्षा जास्त असून घर्षण V^2 शी सरळ गुणोत्तर असते अशा उघडच्या चारीतील अथवा आखुड नळातील जास्त वेगच विक्षुब्ध प्रवाह (३) उघडच्या चारीतून वाहणारा बंदकीच्या गोळीप्रमाणे वेगाने वाहणारा प्रवाह जेथे V चे मूल्य $\sqrt{२ \times खोली}$ (याचाच अर्थकहा की ज्यावेळी विशिष्ठ पाण्याची राशी किमान ऊर्जा राखून विशिष्ठ वा क्रांतिक खोलास वाहतो असा प्रवाह) पेक्षा जास्त असते. यापैकी ( ) मध्ये विष्यदता बले अधिक प्रभावी असतात व गतिज दृष्टीने समरूपता येण्यास रेनॉल्ड्स अंक ही कसोटी असते. (२) आणि (३) मध्ये विष्यंदता बलाचा दुलक्ष करण्याइतका कमी प्रभाव असतो आणि गुरुत्वाकर्षण बळ प्रभावी असल्याने येथे फ्राऊड अंकही कसोटी ठरते. प्रकरण ३ मध्ये नमूद कल्याप्रमाणे पृष्ठतणाव किंवा केशाकर्षण यांकडे या चर्चेत दुलक्ष केले आहे. तीच गोष्ट लवचिकतेच्या बाबतीत खरी आहे. कारण बहुतेक प्रश्नात पाणी हे संपीडनक्षम नाही असे मानले जाते.

अमेरिकन जलमार्ग प्रायोगिक केंद्रात (U-S Waterways Experiment Station) असे दिसून आले कीं, नदीच्या प्रतिमानात विक्षुब्ध प्रवाह निश्चितपणे राहील यासाठी व्यवहार्य निकष हा की तेथे फू/सेकंदात वेग गुणिले खोली (फुटामध्ये) =०–०२ किंवा अधिक ठेवणे–अर्थात बंदुकीच्या गोळीप्रमाणे उडणारा वेगवान प्रवाहसुद्धा प्रतिमानात निर्माण होऊ शकतो. हा प्रवाह निर्माण होऊ नये म्हणून पाळावयाची कसोटी ही की हा वेग $\sqrt{gx खोली}$ पेक्षा कमीठेवणे· यामुळे ही खोली क्रांतिक खोलीपेक्षा ज्यास्त राहील अशी खात्री मिळेल.

५– फ्राऊड अंकाचें महत्त्व –

बहुतेक जलीय प्रतिमानाचे अभ्यास हे विक्षुब्ध प्रवाहाशी संबंधीत असल्याने फ्राऊड अंकास विशेष महत्व आहे. जर घर्षणाच्या परिणामाविषयी योग्य ती सूट ठेवली आणि मुक्त पतनयाचारी 'प्रहल्वं उडांस वलयतीव अलड प्रवाह अंतग्रहिक, नळातील व पेत स्टाक इ. मधील प्रवाह, यांच्या सर्वसाधारण मर्यादितील अभ्यासामध्ये, पूर्णाकृती प्रतिमान यासाठी एकच फ्राऊड अंक ठेवल्यास, भ्रामक गतिज समरूपता दिसून येईल

एकाद्या विशिष्ठ उदाहरणात फ्राऊड अंक ही समरूपतेची कसोटी आहे असे मानले की, लगेच त्यापुढची कृती म्हणजे पूर्णाकृती आणि प्रतिमानाचे समजातीय यांच्यात पुढे उल्लेखिल्या प्रमाणे राशिमध्ये निर्विवाद सहसंबंध

प्रस्थापित करणे होय-समजा, Fp, Qp, Ap, Rp, Sp, Lp, Dp, Np, आणि इतर सामासिक चिन्हे पूर्णाकृतितील वेग, प्रस्त्राव, क्षेत्र, जलीय त्रिज्या, ढाळ, लांबी, व्यास, खरबरीत पणाचा गुणक दर्शवितात आणि समजा की,

Vm, Gm, Am, Rm, Sm, Lm, Dm, nm, ही चिन्हे प्रतिमानासाठी संबंधित पदे दर्शवितात L हा गुणक पूर्णाकृती व प्रतिमान यांच्यातील प्रमाण (Scale ratio) गुणक आहे असे समजा. आता F (फ्राऊड अंक) जर प्रतिमान आणि पूर्णाकृतीसाठी एकच असेल तर खालील सहसंबंध लगेच साधता येतात.

$$F = \frac{V_p^2}{gLp} = \frac{V_m^2}{gLm}, Vp = V \left(\frac{Lp}{Lm}\right) = V_m L^{\frac{1}{2}}_r$$

आणि तसेच $= Ap = Am(Lp)^2$ आणि

म्हणून $Qp \quad Qm\, Lp^{\frac{1}{2}}$

याच पद्धतीने इतर सहसंबंधही खालील तक्त्यात मांडले आहेत.

गुरुत्वाकर्षण बलाच्या संदर्भात गतिज दृष्टीने समरूपता असेल तर होणारी लांबीचा परिमाणे (शीर्ष, जलीय त्रिज्या, व्यास, लांबी, रुंदी, खोली): इ.

लांबी $Lp = Lm\ (Lr)$

काल $Tp = Tm\ (Lr)^{\frac{1}{2}}$

वेग $Vp = Vm(Lr)^{\frac{1}{2}}$

क्षेत्रफळ $= Ap = Am\ (Lr)^2$

प्रस्त्राव $Qp = Qm\ (Lr)^{\frac{5}{2}}$

उतार, प्रवेग, स्थायी गुणक

$Cp = Cm\ (Lr)^0$

शक्ती $Pp = Pm\ (Lr)_{\frac{7}{2}}$

कार्य $Ep = Em\ (Lr)^4$

६– रेनॉल्ड्स अंकाचे महत्व

जर प्रवाहाचा दर्जा असा असेल की, ज्यावेळी समरूपतेची कसोटी रेनॉल्ड्स अंक असते (स्तरीय प्रवाह किंवा कणमय पदार्थातील प्रवाहासारखा) तेव्हा संबंधित राशीमध्ये फ्राऊड अंकाच्या बाबतीत असतात त्यापेक्षा वेगळे पण त्याच पद्धतीने साधता येणारे इतर निर्विवाद सहसंबंध प्रभावी असतात – बहुधा जलीय प्रयोगकर्ता रेनॉल्ड्स अंकाचा उपयोग जास्तीत जास्त विक्षुब्ध प्रवाह असणाऱ्या प्रतिमान चांचण्यामध्ये L हा व्यास समजून प्रतिमानासाठी R चे मूल्य २५०० पेक्षा जास्त राहावे यासाठी करतो.

७– प्रतिमान चांचण्यामध्ये खरबडीतपणाचा गुणक :–

नदीमध्ये असतो त्याप्रमाणे चारीच्या खरबरीतपणाचा प्रभाव ज्या ठिकाणी ज्यास्त असतो त्या ठिकाणी पूर्णाकृतीशी प्रतिमान गतीज दृष्ट्यासमरूप व्हावे

म्हणून लागणारा खरबरीतपणा गुणक ठरविणे आवश्यक असते, कुटर, बेझीन, किंवा मॅनिंग यांसारख्या सुविख्यात जलीय सूत्रांच्या साहाय्याने सहसा खरबरीत-पणाची गुणोत्तरे काढली जातात.

$\frac{V = 1.486\ R^{\frac{2}{3}}\ S^{\frac{1}{2}}}{n}$ हे मॅनिंगचे सूत्र वापरून आणि पूर्णाकृती व प्रतिमान यांचे उतार एकच ठेवल्यास

$$Sp = Sm = \frac{V_d^2\ n_p^2}{1{\cdot}486^2 Rp^{\frac{4}{3}}} = \frac{V_m^2\ n_m^2}{1{\cdot}486_p^2\ Rm^{V3}}$$ येते–

स्थलांतर करून आणि काही पदे घालवून (eliminating)

$$\left(\frac{Nm}{Np}\right)^2 = \left(\frac{Vp}{Vm}\right)^2 \left(\frac{Rm}{Rp}\right)^2 =$$

$$\left[Lr^{\frac{1}{2}}\right]^{\frac{2}{}} X \left(\frac{1}{Lr}\right)^{\frac{4}{3}} = \left(\frac{1}{Lr}\right)^{\frac{1}{3}}$$ येते

म्हणून $Nm = Np\left(\frac{1}{Lr}\right)^{\frac{1}{6}}$

येथे Nm हा प्रतिमानाचा खरबरीतपणा गुणांक, आणि Lr हे प्रमाण गुणोत्तर असतात.

८ – जलीय समरूपतेची उदाहरणे :–

उ. १ ले - २० फूट व्यासाच्या गोल नळातून दर सेकंदास १० फूट वेगाने प्रवाह वाहात आहे प्रतिमान नळात विक्षुब्ध प्रवाह राहावा म्हणून सीमान्त प्रमाण–गुणोत्तर किती असावे ?

रेनॉल्ड्स अंक २५०० पेक्षा ज्यास्त असला पाहिजे. D हा व्यास मानून R आणि Lr हे प्रमाण गुणोत्तर मानल्यास

$$R = \frac{Vp\ Dp\ p}{p} = \frac{Vm\ Dm\ p}{p}$$

$$Vm\ Vp\left(\frac{1}{Lr}\right)^{\frac{1}{2}} = 10\left(\frac{1}{Lr}\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$Dm = Dr\ \left(\frac{1}{Lr}\right)$$

९ = वस्तुमान धनता = १·९४ स्लग/घ. फू.

μ = निष्यंदता गुणक = ०·०००० २३६

(६० ^{0}F पाण्यासाठी)

R = २५०० वर निर्देशित केल्याप्रमाणे.

वरील समीकरणात ही मूल्यें वापरून

$$२५०० = \frac{१० \left(\frac{१}{L_r}\right)^{१/२} \times २० \left(\frac{१}{L_r}\right) \times १.९४}{०.००००२३६}$$

$\therefore$ L_r = ३५१.

अर्थातच अशातऱ्हेचें प्रतिमानचित्र प्रत्यक्ष निरीक्षणाच्या दृष्टीनें फारच लहान होतें. म्हणून जर प्रतिमान-चित्रात खळखळणारा प्रवाह निर्माण करावयाचा असेल तर एखादें व्यवहार्य स्केल वापरावें लागेल.

उदाहरण २ रें　　उदाहरण १ मध्यें प्रतिमानचित्र १ : २० या प्रमाणात तयार केलें आहे असें धरलें आहे. आदिरूपांत नलिका काँक्रीटची असून तिचा 'कुटरगुणांक' n = ०.०१५ आहे. अशा परिस्थितीत तुल्य पृष्ठावरील खरखरीतपणा आणि दर फुटास होणारा शक्तीचा ऱ्हास या करतां नळी किती गुळगुळीत असावी ?

प्रतिमान-चित्र चाचणीतील रुक्षता गुणासंबंधीच्या परिच्छेदाच्या संदर्भात

$$n_m = n_p \left(\frac{१}{L_r}\right)^{१/६} = ०.०१५ \left(\frac{१}{२०}\right)^{१/६} = \frac{०.०१५}{१.६५} = ०.००९१$$

उदाहरण ३ रें　　नदीची खोली ३६ फूट आहे आणि द्रवीय त्रिज्या ३० फूट आहे. प्रवाहाचा सरासरी वेग दर सेकंदास ५ फूट आहे. (D हा व्यास धरून) प्रतिमान चित्रांत खळखळणारा प्रवाह निर्माण होण्यासाठीं, जर २५०० पेक्षा रेनॉल्ड अंक जास्त हवा असेल तर स्केल कमीत कमी किती असावें ?

उदा. १ प्रमाणें $R = \frac{V_p D_p \rho}{\mu} = \frac{V_m D_m \rho}{\mu}$, जेथें R २५०० पेक्षा कमी असता कामा नये.

या सूत्रात R चे २५०० हें मूल्य नळीच्या व्यासावर आधारित केलेलें असते. यासारख्याच सूत्रात, जर, द्रवीय त्रिज्या = D/४ धरली तर R च्या मूल्यासही ४ नें भागावें लागेल आणि तो भागाकार ६२५ येईल.

$$R = \frac{V_p R_p p}{\mu} = \frac{V_m R_m p}{\mu}$$

ज्यात R_p , R_m, या आदिरूप आणि प्रतिमान चित्रांतील द्रवीय त्रिज्या आहेत. L_r हें स्केल गुणोत्तर धरून

$$V_m = V_p \left(\frac{१}{L_r}\right)^{१/२} = ५.० \left(\frac{१}{L_r}\right)^{१/२} \quad \text{आणि}$$

$$R_m = R_p \left(\frac{१}{L_r}\right) = ३० \left(\frac{१}{L_r}\right)$$

ρ = वस्तुघनता ६०° फॅ. पाण्याकरितां $\frac{६२.४}{३२.२}$

१.९४ स्लग्ज असते

μ = विष्यदंता गुणांक; ६०° फॅ. पाण्याकरिता ०.००००२३६ असतो.

R = ६२५ वरीलप्रमाणें.

वरील समीकरणात हीं मूल्यें वापरून,

$$६२५ = \frac{५.० \left(\frac{१}{L_r}\right)^{१/२} \times ३० \left(\frac{१}{L_r}\right) \times १.९४}{०.००००२३६}$$

L_r = ७३०.

उदाहरण ४ थें प्रक्षेपित प्रवाह असलेल्या एका उघडया चौकोनी नलिकेंत जलोच्छाल निर्माण करावयाचा आहे. नलिकेची रुंदी १० फूट, उच्छालाच्या आधींची खोली २० फूट आणि प्रवाहगति दर सेकंदास ४० फूट आहे.

जलोच्छालाचें सूत्र

$$D_2 = \sqrt{\frac{2V_1^2 D_1}{g} + \frac{D_1^2}{४}} - \frac{D_1}{2}$$

ज्यात D_1 आणि V_1 या उच्छालाच्या आधींची खोली आणि वेग दाखवितात आणि ही नंतरची खोली आहे. या सर्व मूल्यात फक्त गुरुत्वाकर्षणात्मक शक्तींचाच आधार घेतला आहे. अनुरूपतेसाठी फ्राउड अंक वापरून १ : १६ या प्रमाणांत तयार केलेल्या प्रतिमानचित्रांतील जलोच्छालाचीं काय वैशिष्टयें दिसून येतील ? वरील सूत्रावरून,

$D_2 = १३.१$ फूट. $Q = १० \times २ \times ४० = ८००$ से. फूट.

$$F = \frac{V_1^2}{g D_1} = \frac{४०^2}{32.2 \times 2.0} = २४.८$$

आणि हेच प्रमाण प्रतिमान चित्रासही लागू असल्यानें

$$F = \frac{\left[४० \left(\frac{१}{L_r}\right)^{१/२}\right]^२}{32.2 \times 2 \left(\frac{१}{L_r}\right)} = २४.८$$

येथें L_r हा स्केल गुणोत्तर आहे.

पूर्वी प्रस्थापित केलेल्या संबंधानुसार प्रतिमानचित्रांत खालील माप असावी लागतील :—

$$D_1 = २.० \left(\frac{१}{L_r}\right) = \frac{२}{१६} = ०.१२५ \text{ फूट.}$$

$$V_1 = ४० \left(\frac{१}{L_r}\right)^{१/२} = ४० \left(\frac{१}{१६}\right)^{१/२} = १० \text{ फू. दर सेकंद.}$$

$$Q = ८०० \left(\frac{१}{L_r}\right)^{५/२} = ८०० \left(\frac{१}{१६}\right)^{५/२} = ०.७८१ \text{ सेकंद फूट.}$$

$$D_2 = १३.१ \left(\frac{१}{L_r}\right) = १३.१ \left(\frac{१}{१६}\right) = ०.८२ \text{ फूट.}$$

या अनुषंगानें प्रतिमानचित्रातील D_1 आणि वेग यांची मूल्यें जर जलोच्छाल सूत्रात वापरली तर D_2 चे मूल्य ०.८२ फूट येईल आणि यावरून अनुरूपतेची खात्री करून घेता येईल.

उदाहरण ५ वे — ओजीच्या आकाराचा छेद असलेले कॉंक्रीटचे धरण २२ फूट उंच आहे. त्याच्या पायथ्याची रुंदी २४ फूट असून त्याच्या डोक्यावर लांबी ४२ फूट आहे. १ : १० या प्रमाणात त्याचें प्रतिमान-चित्र तयार केलें आहे. आणि निरीक्षण केल्यावर त्यांतील भागांची मापें खालील-प्रमाणें आढळून आली.

प्रतिमान चित्राची उंची = २ . २ फूट.

त्याचे डोक्यावरील जलशीर्ष = ० . ४६७ फूट.

त्याचे डोक्याची लांबी = ४ . २ फूट.

त्यांतील निरीक्षित प्रस्राव = ५ . २५ से. फूट.

कुंडीवरील नॅपची नाडी = ० . ११७ फूट.

यावरून कुंडीवरील प्रवाहाचा वेग = $\dfrac{\text{५ . २५}}{\text{४ . २} \times \text{० . ११७}}$ = १० . ६८ फूट से.

अशा स्थितींत आदिरूपांत, कुंडीतील प्रवाहाचा प्रस्राव, शीर्ष, खोली आणि वेग किती असेल ?

प्रस्राव $= Q_p = Q_m\ (L_r)^{\text{५/२}}$ = ५ . २५ $(\text{१०})^{\text{५/२}}$ = १६६० से. फू.

शीर्ष $= H_p = H_m\ (L_r)$ = ० . ४६७ $\times$ (१०) = ४ . ६७ फू.

कुंडीवरील पाण्याची
खोली $= D_p = D_m\ (L_r)$ = ० . ११७ (१०) = १ . १७ फू.

कुंडीतील प्रवाहाचा
वेग $= V_p = V_m\ (L_r)^{\text{१/२}}$ = १० . ६८ $\times$ $(\text{१०})^{\text{१/२}}$ = ३३ . ७७ द. से. स. फू.

वरील राशींच्याकरिता ताळा म्हणून

आदिरूपांत $Q_p = CLH^{\text{३/२}}$ = ३ . ९२ $\times$ ४२ $\times$ ४ . ६७$^{\text{३/२}}$ = १६६० से. फू.

= १ . १७ $\times$ ४२ $\times$ ३३ . ७७ = १६६० से. फू.

प्रतिमानचित्रात $Q_m = CLH^{\text{३/२}}$ = ३ . ९२ $\times$ ४ . २ $\times$ ० . ४६७$^{\text{३/२}}$ = ५ . २५ से. फू.

= ० . ११७ $\times$ ४ . २ $\times$ १० . ६८ = ५ . २५ से. फू.

९. ग्रंथसूचि

जॉन. आर. फ्रीमन, "हायड्रॉलिक लॅबोरेटरी प्रॅक्टीस", अमे. सो. मेक. इंजिनिअर्स नी संपादित केलेले.

एछ. डी. व्होगेल, "प्रॅक्टिकल रिव्हर लॅबोरेटरी हायड्रॉलिक्स", ट्रॅन्स. ॲम्. सोसा. सि. इं. खं. १००, १९३५, पान ११८.

एच. डी. व्होगेल, "हायड्रॉलिक लॅबोरेटरी रिझल्ट्स एँड देअर व्हेरिफिकेशन्स इन नेचर", टॅन्स. अमे. सो. सि. इं. खं. १०१, १९३६, पान ५९७.

जॉर्ज ई. बार्न्स अँड जे. जी. जोब्स, "कन्स्ट्रक्शन एँड टेस्टिंग ऑफ हायड्रॉलिक मॉडेल्स, मस्किंगम वॉटरशेड प्रॉजेक्ट", ट्रॅन्स. अमे. सो. सि. इं. खं. १०३, १९३८, पा. २२७.

[illegible] रँडॉल्फ, "हायड्रॉलिक टेस्टस ऑन स्पिल्वे ऑफ दि मॅडन डॅम", ट्रॅन्स. अमे. सो. सि. इं., खं. १०३, १९३७, पा. १०८०.

बेंजामिन एफ. ग्रोट, "थिअरी ऑफ सिमिलॅरिटी एँड मॉडेल्स", ट्रॅन्स. अमे. सो. सि. इं. व्हॉ. ९६, १९३२, पा. २७३.

बी. ए. Bakhmeteff आणि ए. ई. Matzke, "दि हायड्रॉलिक जंप इन टर्म्स ऑफ डायनॅमिक सिमिलॅरिटी, "ट्रॅन्स. अमे. सो. सि. इं. खं. १०१, १९३६, पा. [illegible].

एच. डी. व्होगेल आणि जे. पी. डीन, "जॉमेट्रिक व्हर्सस हायड्रॉलिक सिमिलॅरिटीज", सि. इं. ऑगस्ट १९३२, पा. ४६७.

[illegible], "ॲनॅलिटिकल ॲप्रोच टू एक्स्पेरिमेंटल हायड्रॉलिक्स", सि. इं. डिसेंबर १९३४, पान ५६३.

[illegible] Mc Conaughy "बोल्डर डॅम स्पिलवेज" इंजनिअरिंग न्यूज रेकॉर्ड. एप्रिल ४, १९३५, पा. ४८०.

ई. मेयर पीटर आणि हेन्री फाउरे "बोल्डर डॅम स्पिलवेज" इंज. न्यूज रेकार्ड. ऑक्टोबर २५, १९३४. पा. ५२०.

जे. सी. स्टीव्हन्स "बोनेव्हिल स्कावर प्रिव्हेंशन स्टडी बाय मॉडेल" इंज. न्यू. रेकॉर्ड जाने. १४, १९३७, पा. ६१.

एस. ए. हॉगन आणि ई. एफ. गिब्स "सिमिलॅरिटी एँड इट्स ॲप्लिकेशन्स टू प्रॉब्लेम्स ऑफ फ्लुइड फ्लो" कॉंक्रीट एँड कन्स्ट्रक्शन इंजनिअरिंग, खं. ३१, जुलै १९३६, पा. ३८५.

ए. एच. गिब्सन, "युज ऑफ मॉडेल्स इन हायड्रॉलिक इंजनिअरिंग", ट्रॅन्स. इन्स्ट, वॉटर इंज. खं. ३९, १९३४, पा. १७२.

सी. एम्. स्टॅन्ले, "स्टडी ऑफ स्टिलिंग बेसीन डिझाईन", ट्रॅन्स. अमे. सो. सि. इं., खं. ९९, १९३४, पा. ४९०.

ई. बकिंगहॅम, "मॉडेल्स एक्स्पेरिमेंट्स अँड दि फॉर्म्स ऑफ एंपिरिकल इक्वेशन्स", ट्रॅ. अमे. सो. मेक. इं. खं. ३७, १९२५, पा. २६३.

अमे. सो. सि. इं. मॅन्युअल्स ऑफ इंजनिअरिंग प्रॅक्टीस नं. २५, "हायड्रॉलिक मॉडेल्स."

सी. व्ही. डेव्हिस, हँडबुक ऑफ अप्लाईड हायड्रॉलिक्स, मॅक्. ग्रॉ-हिल बुक कं.

प्रकरण ५ वे

पूरांचे प्रवाह

१. पुरांचे उच्चांक

सामान्य विचार :—

धरण सुरक्षित रहावें म्हणून उत्प्लवमार्गाची कार्यक्षमता काय असावी हे केवळ शास्त्रीय ज्ञानाचा उपयोग करून निश्चित करता येत नाहीं. या कामीं अन्वेषणाच्या अनेक पद्धती सुचविण्यात आल्या आहेत आणि वापरण्यातही येत आहेत. परंतु, अशी कोणतीही एक पद्धति अजून उपलब्ध झालेली नाहीं कीं उत्प्लवमार्गाची लागणारी क्षमता बिनचूक ठरविण्याकरिता तिचा उपयोग करता येईल. याकरिता नदीच्या पूरक्षमतेचे निरनिराळ्या पद्धतींनी विश्लेषण करून आणि उपलब्ध असलेल्या माहितीचा जाणतेपणानें अभ्यास करून त्या आधारा-वर ही क्षमता निश्चित केली पाहिजे. अर्थात् जो स्थापत्यशास्त्रज्ञ पुराच्या घटनेत अंतर्भूत असलेल्या तत्त्वासंबंधी माहितगार असतो त्यानें केलेल्या तारतम्य-शील निर्णयावरच शेवटी ही क्षमता ठरवावी लागते.

पूरनिर्मितीच्या लक्षणांच्या संपूर्ण माहितीसाठी लागणारी सर्व आधारसामग्री उपलब्ध होण्यासाठी पुरेशा वर्षातील पूरमापन झालेला एकही नाला युनायटेड स्टेटमध्यें नाहीं हें यथाक्रम दाखविण्यात येईलच. यामुळें दुसऱ्या नाल्यात काय घडले या माहितीवरच आपण अवलंबून राहिले पाहिजे.

जेथें जलाशयाच्या अनुपस्थितींत पुराची तीव्रता कमी होण्याची शक्यता नसते तेथे पूरप्रवाहाचा जास्तींत जास्त वेग किती असेल यांची चिकित्सा करणें जरुरीचें असते. आणि अशा वेळीं पुरात एकूण पाणी किती येईल याचा विचार करावा लागला तरी ती बाब क्वचितच महत्त्वाची ठरते. पण जर आयोजित बंधाऱ्याच्या वरील बाजूस पूरनियंत्रण कुंड म्हणून एकादा जलाशय अस्तित्वात असेल किंवा एखाद्या तलावाच्या अगर विद्युत्निर्मिती-बंधाऱ्याच्या सांडव्याच्या वरच्या बाजूस पाण्याचा साठा बराच होऊ शकेल अशी परिस्थिती असेल आणि पुढें वर्णन केल्याप्रमाणें जर त्यामुळें पूरपरिस्थिति सौम्य होईल आणि तीव्रतम प्रस्रावांत बरीच घट येईल, तर मात्र पुराच्या वेळी, पाण्याच्या एकूण

राशीला तीव्रतर प्रस्रावा इतकेंच महत्त्व द्यावें लागेल; किंबहुना बऱ्याच वेळा, अशा प्रस्रावापेक्षा जास्तच महत्त्व द्यावे लागेल. आणि त्या परिस्थितींत जला-लेखाच्या आकारालाही महत्त्व द्यावें लागेल.

जरी अत्युच्च जलप्रस्राव आणि त्याची एकूण राशी यांच्यावर सारख्याच घटकांचे परिणाम होत असले आणि त्यामुळें ते एकमेकाशीं निश्चितपणें संबंधित असले तरी त्यांचे अंदाज घेण्याकरितां वापरण्यात येणाऱ्या पद्धतींत मूलग्रामी फरक असतो. स्वाभाविकच, या विषयाचे दोन विभाग पडतात. या प्रकरणाच्या पहिल्या भागात अत्युच्च प्रवाहाची चर्चा करण्यात येईल आणि प्रवाहाची एकूण राशी व जलालेखाचा आकार यासंबंधी चर्चा दुसऱ्या भागात करण्यात येईल.

२. अत्युच्च प्रवाह (Peak Flows)

सामान्य विचार :—

एकाद्या प्रदेशांतील प्रातिनिधिक स्वरूपाच्या परिसरांतील विभागात जे जास्तीत जास्त पूर आलेले असतात त्यांचे अन्वेषण करून तेथील नाल्यांतील संभाव्य अत्युच्च पुराच्या अभ्यासाची तर्कशुद्ध अशी सुरुवात करता येते आणि त्यावरून प्रारंभिक पुराव्याला आधार मिळतो. यावेळीं आयोजित नाल्याच्या पुरात असणारी लक्षणें ही जास्तींत जास्ती ज्ञात असलेल्या पुराच्या लक्षणाशीं जुळणारी आहेत असे गृहीत धरण्यात येते. जोपर्यंत ही धारणा बरोबर नसल्याचा पुरावा पुढे येत नाहीं तोपर्यंत या धारणेत बदल करण्यात येणार नाहीं. अर्थात उच्चांकांच्या भयंकर पुरांत दिसून येणाऱ्या लक्षणांपेक्षाही अधिक पूरलक्षणें पुराव्यावरून दिसून येण्याची शक्यता असते. ह्या पुराव्याचे अन्वेषण करण्यांत यावे. त्यांत खालील बाबींचा अंतर्भाव असतो :—

(१) अत्युच्च पूर आलेल्या नाल्यांतील भौतिक लक्षणांची नदींतील लक्षणांशीं तुलना. (अ. ४)

(२) जास्तींत जास्त पूर आलेल्या नाल्यांतील भिन्नता-गुणाकांची नदीतील भिन्नता-गुणांकाशीं तुलना. (अ. ७)

(३) पूर्वीच्या पुरांच्या वेळच्या जागेवरील प्रत्यक्ष खुणा (अ. ८)

(४) क्षणिक वादळाच्या मध्यबिंदूपासून परिणामी जलालेखाच्या उच्च बिंदूपर्यंतच्या "लॅग" अगर वेळेची तुलना. (अ. २६)

३. ज्ञात असलेले अत्युच्च पूर

प्रदेशाच्या कोणत्याही भागांतील अत्युच्च पुरांचा अभ्यास करण्याकरिता सारणी क्र. १ उपयोगी पडेल. या सारणींत युनायटेड स्टेट्स आणि इतर देशां-तील असामान्य पुरांची माहिती जर्व्हिस[१] आणि क्रीगर[२] यांनी तयार केलेल्या मूळ सारणीवरून घेऊन ती नोव्हेंबर १९४१ पर्यंत अद्यावत् करण्यात आली आहे. प्रत्येक प्रांतातील अन्वालोपी वक्र (Enveloping Curve) निश्चित करण्या-करिता ज्या पुरांच्या माहितीची जरुरी असते अशाच पुरांची माहिती या सारणींत समाविष्ट केली आहे. एखाद्या नदीवर बरेच मोठे पूर येऊन गेले असले पण त्याच नदीवर जर जवळच्या ठिकाणीं त्याहीपेक्षा जास्त पुराची नोंद मिळाली तर त्या मोठ्या पुरांची माहिती या यादींतून वगळण्यांत आली आहे.

सारणी क्र. १ मधील समीकरण ४ आणि ४a मधील ज्या पुरांच्या C चें मूल्य ३० पेक्षा जास्त आहे असेच पूर आ. १ मध्यें आलेखित केले आहेत. ही माहिती क्षणिक अत्युच्च प्रवाह स्वरूपांत तयार केली आहे. कांहीं पुरांचे बाबतींत मूळ पत्रकांत २४ तासांतील सरासरी पुरांची माहिती प्रसिद्ध करण्यात आली होती. असे पूर फुलर्सच्या[३] समीकरणाने क्षणिक पुरात समायोजित केले आहेत.

$$Q=Q_1 \ (1+2A^{-0.3}) \ldots\ldots\ldots (1)$$

Q_1=दर सेकंदास घनफुटात २४ तासात नोंदलेला सरासरी पूर.

Q=तत्सम अत्युच्च क्षणिक प्रवाह.

A=चौ. मैल. निसारण क्षेत्र.

अर्थातच हें समीकरण, फार थोड्या निरीक्षणावर आधारलेले, असल्यानें अंदाजी स्वरूपाचे आहे. तथापी केवळ हे एकच समीकरण आपणास उपलब्ध आहे आणि ते विस्तृत प्रमाणांत वापरण्यातही येत आहे. पृष्ठ क्र. ९७ ते ११३, अ. ६५ च्या परिच्छेद २६ मध्यें एक तक्ता दिला आहे. त्यात अत्युच्च क्षणिक प्रवाहांचे, निवेदित केलेल्या जास्तींत जास्त "कॅलेंडर" दिनात आलेल्या

तळटीप १ सी. एस्. जर्व्हिस "फ्लड फ्लो कॅरेक्टरेस्टिक्स" ट्रॅ. अ. सो. सि. इं. १९२६, पा. ९८५ याकरतां डब्ल्यू. एस. ऐसेन्लोहर आणि आर एस. गुड्रिज यांनीं सहाय्य केले.

२ डब्ल्यू. पी. क्रीगर आणि जे. डी. "जस्टीन हायड्रोइलेक्ट्रीक हॅंड बूक", जॉन वायली अड सन्स १९२७.

३ डब्ल्यू. इ. फुल्लर "फ्लडँ फ्लोज" ट्रॅ. अ. सो. सि. इं. १९१४. पा. ५६४.

सरासरी पुरात आणि ६९० पुराकरिता २४ तासांतील जास्तींत जास्त सरासरी पुरात परिवर्तन केलें आहे. या लेखात असें निवेदित केलें आहे कीं अवधी थोडा असल्यानें त्यावरून काहीं निर्णय दुर्दैवानें काढता आले नाहीत. यावरून काढलेलें गुणोत्तरही बरेंचसे अनियत आहे. आणि तें वादळाच्या अवस्थेवर आणि निरनिराळ्या नद्यांच्या पाणलोटांतील पाण्याच्या साठ्यावर आणि इतर बाबींवरही अवलंबून होते असे आढळून आलें आहे.

ह्यांची माहिती केवळ मूल्यरहित अशा तर्कावर आधारलेली आहे असे काहीं प्रसिद्ध झालेले पूर आ. १ मध्यें आरेखित केलेल्या बिंदूतून वगळण्यात आले आहेत. असे पूर तक्ता क्र. १ मध्यें † या चिन्हानें दाखविले आहेत. असे पूर पूर्वीच्या आरेखनात धरले होते म्हणूनच केवळ ते यादीत समाविष्ट केले आहेत.

दिलेल्या निःसारण क्षेत्रांतील अधिकतम पुराचें परिमाण जेव्हा माहीत असते तेव्हां अशा प्रकारच्या भिन्न निःसारण क्षेत्रांतील समान हवामान परिस्थितींत—जसें त्याच नदीवरील दुसऱ्या जागी अगर दुसऱ्या नदीवर—अधिकतम पूर अंदाजे किती असू शकेल हें जाणण्याची इच्छा होते.

इतर परिस्थिति तीच असतांना, जेव्हां निःसारणक्षेत्र मोठें असते तेव्हां तेथें येणाऱ्या दर चौरस मैल क्षेत्रांतील पुराचे प्रमाणही कमी असते हें उघड आहे. याबाबतींत खालील समीकरण सरसहा वापरण्यात येते :—

$$Q = C^1A^n \qquad (२)$$

किंवा तत्सम

$$q = C^1A^{n-1} \qquad (२ अ)$$

येथें Q = सेकंद फुटात पुराचे मान.

q = दर चौ. मैं. मध्यें येणाऱ्या पुराचें से. फु.त मान.

A = चौ. मैं. निःसारण क्षेत्र.

n = एकापेक्षां लहान असा घातांक.

C^1 = निःसारणक्षेत्रांतील लक्षणावर अवलंबन असलेला गुणांक.

n ची निरनिराळीं अधिकृत मूल्यें ०.३ ते ०.८ पर्यंत वापरण्यात येतात १९१३ सालीं मिळालेल्या माहितीवरून फुल्लरना n चें मूल्य ०.८ असल्याचें. आढळून आलें (अ. ६५ परि. ४५); काहीं कालांतरानें १९२६ मध्यें मिळविलेल्या माहितीवरून n चें मूल्य ०.५ असल्याचें (अ. ६५ परि. ३९)

तक्ता क्र. १

युनायटेड स्टेट्स व परदेशांतील नद्यांतील अधिकतम पूर

सी. एस. जर्व्हिस व वुइल्यम पी क्रीगर यांनी तयार केलेला

* तारांकित केलेल्या नोंदी समीकरण १ वापरून २४ तासांच्या सरासरी पुरापासून अंदाजी क्षणिक उच्चतम (पुरा) पर्यंत वाढविले आहेत.

† सुऱ्याने दर्शविलेल्या नोंदी (मूळ लेख पहा) निबंधि (unqualified) आहेत आणि त्या आ. १ मध्ये रेखांकित केलेल्या नाहीत.

( ) कंसातील नोंदी अंदाजी अगर अनौपचारिक असल्याची माहिती आहे.

नोंद अनुक्रम	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र चौ. मैं.	पूर से. फू.	पूर दर चौ. मै.स से. फू..	पुराची तारीख	आधार
	अलबामा :					
१	टेनेसी नदी—फ्लॉरेन्स	३०,८००	४४४,०००	१४.४	मार्च १८९७	१३२
२	टेनेसी नदी—डिकॅटूर	२६,३००	२८३,०००	१०.८		१४२
३	अल्बामा नदी—सेल्मा	१५,४००	१४६,०००	९.५	जाने. १८९२	१
४	कूसा नदी, चिल्डर्स्बर्ग	८,३००	१५०,०००	१७.९	जुलै १९१६	९९
५	ब्लॅक वॉरिअर, टस्कॅलूसा	४,८३०	२१५,०००	४४.६	ए. १८, १९००	१५५
६	टॅल्लापूसा, मिल्स्टीड	३,८४०	७०,०००	१८.२	डिसें. १९०१	७२
७	टॅल्लापूसा, स्टर्डेव्हांट	२,५००	५९,०००	२३.६	मार्च १९०६	६९
८	एल्क, रोजर्सव्हिल	२,१००	६१,०००	२९.४		१४२
९	ब्लॅक वॉरिअर, कॉर्डोव्हा	१,९००	५७,०००	३०.०	मार्च १९०२	१२०
१०	एल्क न., एल्कमाँट	१,७००	५१,८००	३०.४		१४२

तक्ता क्र. १—चालू

युनायटेड स्टेट्स व देशांतील नद्यांतील असाधारण अधिकतम पूर

नोंद अनुक्रम	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र चौ. मैं.	पूर से. फू.	पूर दर चौ. मै.स से. फू.	पुराची तारीख	आधार
११	कॉनिक न. ब्रॅट्ले	५०४	१५,६००	३१.०	ऑ. १९, १९३९	११९
१२	चॉक्कोलोक्कोकी. जेनीफर	२७२	११,८००	४३		६९
१३	कॅप ब्रँच, एल्स्ले—	७.४	५१०	६९	१९०९	११
१४	व्हेनिसन ब्रँच, मुल्गाजवळ	३.९	२०७	५३		११
१५						
१६						
१७						
१८						
	ॲरिझोना :					
१९	कोलोरॅडो न. गिला निलाच्या संगमा खाली	२२५,०००	२३६,०००	१.०५	जाने. १९१६	११९
२०	जिला न. यूमा	५६,०००	२२०,०००	३.९३	जाने. १९१६	७५
२१	जिला फ्लॉरेन्स	१७,७५०	१३३,०००	७.५	फेब्रु. १८९१	७२
२२	सॉल्ट न., फोनेक्सच्या खाली	१२,०००	२९६,०००	२४.७	फेब्रु. १८९१	७२
२३	सॉल्ट न., मॅक् डॉवेल	६,२६०	१३८,०००	२२.०	मार्च १८९३	६९
२४	वर्ड न. मॅक् डॉवेल	६,०००	१६६,०००*	२७.६	१८९३	७२
२५	सॉल्ट न., रूस्वेल्ट	५,७५६	२०७,०००	३६.०	मार्च १८९३	७२
२६	सॅन् पेड्रो न., मॅमथ जवळ	३,८५०	९०,०००	२३.४	से. २८, १९२६	१६७

तक्ता क्र. १–चालू

युनायटेड स्टेट्स व देशांतील नद्यातील असाधारण अधिकतम पूर

नोंद अनुक्रम	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र चौ. मै.	पूर से. फू.	पूर दर चौ. मै.स से. फू.	पूराची तारीख	आधार
२७	सॅन् पेड्रो न., चार्ल्स्टन	१,४८०	९८,०००	६६.३	से. २८, १९२६	१६७
२८	कॅनिऑन डायाब्लो, ल्यूप्प	५४४	४४,६००	८२	से. १९२३	७४
२९	ट्रॉक्स्न कॅनिऑन, किंग्स्मनच्या पूर्वेस	४५०	४९,५००	११०	१८९४	२
३०	कॅनिऑन डायाब्लो, आर्च ब्रिज	३४०	३५,४००	१०४	से. १९२३	७४
३१	सोनोइटा क्री. पॅटागोनिया जवळ	२१०	२०,०००	९५.४	ऑग. १९३४	१६७
३२	चेन क्री., फोनिक्सजवळ	२००	२५,०००	१२५	ऑगस्ट १९२१	९१
३३	पायनल क्री., ग्लोब	३०	१३,२००	४४०	ऑगस्ट १९०४	९१
३४	चेज क्री., जिला नदीची	२०	१२,९४०	६४७	डिसें. १९०६	९१
३५						
३६						
३७						
३८						
३९						
	आर्कान्सास					
४०	मिसिसिपी नं., आर्कान्सास जंक्शन-च्यावर	१,०५०,३००	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

तक्ता क्र. १–चालू

युनायटेड स्टेट्स व देशांतील नद्यांतील असाधारण अधिकतम पूर

नोंद अनुक्रम	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र चौ. मै.	पूर से. फू.	पूर दर चौ.मै. क्षे. से. फू.	पुराची तारीख	आधार
४१	मिसिसिपी नं., हेलेना	१,०००,०००	२,०४०,०००	२.०४	१९१२	११९
४२	आर्कान्सास न. वॅन बुरेन	१५०,३००	५५२,०००	३.७	ए. १९५७	१३२
			(६००,०००)	(४.०)	ऑक्टो. १९४१	१९५
४३	रेड न., गार्लंड	५१,५००	३२७,०००	६.३५	फे. २५, १९३८	१३२
४४	व्हाईट न., क्लॅरेंडन	१९,०००	३२०,०००	१६.८	१९१६	८९
४५	ओआचिटा न., रेमेल धरण	१,५४०	१४०,०००	९१	मे १६, १९२३	१३२
४६						
४७						
४८						
४९						
५०						
	कॅलिफोर्निया :					
५१	सेक्रॅमॅटोन	२२,५००	५७५,०००	२५.६	१९०४	२
५२	सेक्रॅमॅटोन रेडब्लफ	९,३००	२९६,०००	३१.८	डिसें. १९३७	१६१
५३	फेदर न., ओरोव्हिल	३,६२७	१८७,०००	५१.६	मार्च १९०७	७०
५४	ईल न., स्कॉशिआ	३,०७०	२९०,०००	९५	फेब्रु. १९१५	१३२
५५	फेदर न., N. Fk. बिगबेंड	१,९४०	१०९,०००	५६.३	मार्च १९०७	८
५६	अमेरिकन न., फेअर ओक्स	१,९२१	१८२,९००	९५	मार्च १९२८	१३२

तक्ता क्र. १—चालू

युनायटेड स्टेट्स व देशांतील नद्यातील असाधारण अधिकतम पूर

नोंद अनुक्रम	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र चौ. मै.	पूर से. फू.	पूर दर चौ. मै. स. से. फू.	पुराची तारीख	आधार
५७	यूबा न. स्मार्ट व्हिल	१,२०१	१२०,०००	९९.९	मार्च २६ १९२८	१७१
५८	लॉस एँजेलिस न. लॉंग बीच	१,०६०	८०,०००	७५	मार्च २ १९३८	१६२
५९	सँटा ॲना न., मेन्टोन	८४५	१००,०००	११८	मार्च २, १९३८	१९८
६०	पूटा क्री. विटर्स	६५५	६०,०००	९१.६	डिसें. १९१३	७०
६१	अमेरिकन न., मिडल फॉ. पूर्व ऑबर्न जवळ	६१९	१००,०००	१६२	मार्च २५ १९२८	१७१
६२	स्मिथ न. क्रेसेंट शहराजवळ	६१३	६१,७००	१०१	मार्च १८ १९३२	१७१
६३	मॅक्क्लाऊड न., ग्रेगरीजवळ	६०८	५३,७००*	८८.३	मार्च १९०४	६९
६४	सॅन् लुईस रेन,. ओशन साईड	५६५	९५,५००	१६९	जाने. १९१६	६६
६५	लॉस एँजेलिस न., डेटन ॲव्हेन्यू	५१०	६८,०००	१३३	मार्च २, १९३८	१८०
६६	सॅन् लुई रे. न., बॉन्सल	४६५	१२८,०००	२७५	फेब्रु. २३, १८९१	१६९
६७	कॅलॅव्हेरास न., जेनि लिंड	३९४	६९,५००	१७६	जाने. १९११	७०
६८	सॅन् डिगो न., सँटी	३७५	७०,३००	१८७	जाने. १९१६	६६
६९	सॅन लुई रे न., पालाजवळ	३२५	७५,०००	२३१	जाने. १९१६	७०
७०	सॅन डिजिटो न., बर्नार्डो	२९९	७२.२००	२४१	जाने. १९१६	६६
७१	वेअर न., व्हॅ ट्रेंट	२६२	८७,८००	३३६	फेब्रु. १९०७	७०
७२	सेस्पे क्री., फिल्मोरजवळ	२५४	५६,०००	२२०	मार्च २, १९३८	१९८

तक्ता क्र. १—चालू

युनायटेड स्टेट्स व देशांतील नद्यांतील असाधारण अधिकतम पूर

नोंद अनुक्रम	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र चौ. मै.	पूर से. फू.	पूर दर चौ. मै.स से. फू.	पुराची तारीख	आधार
७३	मॅट्रोले न., न्यू पेट्रोलिआ	२४९	५५,६००	२२३		७०
७४	स्मिथ न., क्रेसेंट सिटि (जंक्शन) जवळ	२२७	४२,५००	१८७	नोव्हें. १९१५	७०
७५	सॅन गॅब्रिअल न., अझुसा	२२२	५५,०००	२४८	मार्च २, १९३८	१६२
७६	सँटा ynez न., सँटा बार्बारा जवळ	२१९	३८,१७४	१७४	मार्च २, १९३८	१९८
७७	सॅन लुई रे न., मेसा ग्रँड	२०९	५८,५००	२८०	जाने. १९१६	६६
७८	सॅन गॅब्रिअल न., धरण नं. १ अंतः प्रवाह	२०४	९०,०००	४४०	मार्च १९३८	१९२
७९	सॅन डिगो न., लेकसाईड	१८९	३८,०००	२०१	जाने. १९१६	६६
८०	स्वीट वॉटर न., जमाचा	१७२	४३,०००	२५०	जाने. १९१६	६६
८१	सॅन जॅसिटोंन, सॅन जॅसिटोंजवळ	१४०	४५,०००	३२२	फेब्रु. १६, १९२७	१७१
८२	स्वीट वॉटर न., डेहेसा जवळ	११२	२४,३००	२१७	जाने. १९१६	६६
८३	सॅन जॅसिटो न., सॅन जॅसिटो जवळ	१०८	३०,०००	२७८	जाने. १९१६	६६
८४	ओटे न. लोअर ओटे धरण	९८.६	३७,४००	३७९	जाने. १९१६	७०
८५	पूटा क्री. ग्वेनॉकजवळ	९१	२४,०००	२७०	मार्च १९०४	९१
८६	लॉस एँजेलिस न., टुजुंगा नं. १ धरण	८१.४	३४,०००	४१८	मार्च २ १९३८	१८०
८७	स्मिथ न. एन. fu क्रेसेंट	८१	२८,२००	३४८	नोव्हें. १९१५	९९
८८	सँटा यसबेल क्री., मेसा ग्रॅड	५३.४	२१,१००	३९५	जाने. १९१६	६६

तक्ता क्र. १–चालू

युनायटेड स्टेट्स व देशांतील नद्यातील असाधारण अधिकतम पूर

नोंद अनुक्रम	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र चौ. मैं.	पूर से. फू.	पूर दर चौ. मैं.स से. फू.	पूराची तारीख	आधार
८९	लिटल क्री. फाँटानाजवळ	४७.९	२५,२००	५२६	मार्च २, १९३८	१९८
९०	सॅन गॅब्रिअल न., सॅन ग्रॅब्रिअल धरण क्र. २	४०.४	२३,८००	५८८	मार्च २, १९३८	१६४
९१	सँटा पौला क्री., वेंचुरा कौंटी	३९.८	१३,५००	३३९	मार्च २, १९३८	१९८
९२	पाइन ट्री कॅनिऑन, मोजावेच्या उत्तरेस १२ मैल	३५.०	५९,५००	१,७००	ऑ. १२, १९३१	१४८
९३	लिटल टुजुंगा क्री., लॉस एंजेलिस जवळ कॅनिऑन माऊथ	१९.३	८,५४०	४४२	मार्च २, १९३८	१८०
९४	टोपांगा क्री., टोपांगा बीच जवळ	१७.९	७,९६०	४४४	मार्च २, १९३८	१९८
९५	ॲरोयो सेको., पॅसाडिनाच्या ईशान्येस ५.५ मैल	१६.४	८,६३०	५२६	मार्च २, १९३८	१९८
९६	सॅन गॅब्रिअल न., धरण क्र. २ च्यावर डेव्हिल्स कॅनिऑन	१५.४	२३,०००	१,४९०	मार्च २, १९३८	२००
९६	सँटा ॲनिटा कॅनिऑन, सँटा ॲनिटा धरण	१०.५	४,६००	४२५	मार्च २, १९३८	१८०
९८	सॉपिट कॅनिऑन, लॉस एँजेलिस	७.४	४,०७०	५५०	१८८९	१०७
९९	कॅमेरॉन क्री., टेहाचॅपीजवळ	३.५९	१३,५००	३,७६०	मे. ३०, १९३२	२०१

तक्ता क्र. १—चालू

युनायटेड स्टेट्स व परदेशांतील नद्यांतील असाधारण अधिकतम पूर

नोंद अनुक्रम	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र चौ. मै.	पूर से. फू.	पूर दर चौ. मै.स से. फू.	पुराची तारीख	आधार
१००	फॉल क्री. मुखाजवळ, लॉस एँजेलिसजवळ	२.२	४,२००	१,८८०	मा. २, १९३८	१८०
१०१	अप्पर विलो स्प्रिंग्ज कॅनिऑन, मोजावेजव.	०.८१	४,९००	६,०५०	मे. ३०, १९३२	२०१
१०२						
१०३						
१०४						
१०५						
१०६						
	कोलोरॅडो :					
१०७	कोलॅरॅडो (ग्रँड) न., फ्रुइटा	१७,१००	१२०,०००	७	जुलै १८८४	९९
१०८	आर्कान्सास न., प्युब्लो	४,६००	१०२,७००	२२.३	जून १९२१	६८
१०९	आर्कान्सास न., प्यूब्लो	१,७४०	९९,३००	५७.०	जून १९२१	९१
११०	बिजू क्रीं, मुखाजवळ	१,४४४	२८३,०००	१९६	मे ३१, १९३५	१३९
१११	रिपब्लिकन न., न्यूटन	१,२७०	१०३,०००	८१.१	मे १९३५	१५२
११२	आरकान्सास न., फ्लॉरेन्स ते प्युब्ला	९४०	७५,२००	८०	जून १९२१	१०६
११३	रिपब्लिकन न. एस्. एफके. न्यूटन	६६९	८३,०००	१२४	मे ३०, १९३५	१३९
११४	पर्गॅटायर क्री., ९ मैल धरण	६३५	६४,२००	१०१	से, १५. १९३४	१३९
११५	सें. चार्ल्स न., प्युब्लो	४८२	७१,८००	१४९	जून १९२१	६८

तक्ता क्र. १—चालू

युनायटेड स्टेट्स व परदेशांतील नद्यातील असाधारण अधिकतम पूर

नोंद अनुक्रम	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र चौ. मै.	पूर से. फू.	पूर दर चौ. मै.स से. फू.	पूराची तारीख	आधार
११६	वे. बिजू क्री. बायर्स,	२८०	१६४,६७०	५८८	मे ३०, १९३५	१३९
११७	किओवा क्री., बेनेट	२६६	७५,३००	२८४	मे ३०, १९३५	१३९
११८	मिडल बिजु क्री., प्यूरिआ	२३०	१४३,६४०	६२३	मे ३०, १९३५	१३९
११९	किओवा क्री., किओवाच्या उत्तरेस	१९०	११०,०००	५७५	मे ३०; १९३५	१३९
१२०	मिडल बिजू क्री., बिल्सन क्री. च्या खाली	१५१	७१,२७०	४७३	मे १९३५	१३९
१२१	चेरी क्री., कॅसल वुड धरण	१३१	३२,०००	२४४	ऑ. २, १९३३	१३९
१२२	मॉन्युमेंट क्री., कोलोरॅडो स्प्रिंग्ज	१३०	५०,०००	३८५	मे ३०, १९३५	१३९
१२३	वे. बिजु क्री., जॉन्सन्स ब्रिज	११८	३४,२५०	२९१	मे ३०, १९३५	१३९
१२४	हॉर्स क्री., हॉलीजवळ	१००	२२,०००	२२०	ऑ. २८, १९३५	१३९
१२५	ड्राय क्री., प्युब्लोजवळ	८६	२४,३००	२८३	जून १९२१	६८
१२६	किओवा क्री., एल्बर्ट	६०	४३,५००	७२५	मे ३०, १९३५	१३९
१२७	रॉक क्री., प्ल्यूब्लोजवळ	५९.०	५३,८००	९१३	जून १९२१	६८
१२८	ग्रॅनाडा क्री., ग्रॅनाडाच्यावर	४०.०	३१,०००	७७५	जुलै ११, १९३५	१३९
१२९	पेक्स क्री. प्यूब्लोजवळ	३४.४	१९,४००	५६४	जून १९२१	६८
१३०	ब्यूरो कॉनिआॅन माड्रिड	२९.०	२४,८००	८६०	१९२५	१७०
१३१	बॉग्ज क्री., प्यूब्लोजवळ	२६.०	१५,१००	५८२	जून १९२१	६८
१३२	उत्तर अरिओ प्यूब्लोजवळ	१५.६	९,६६०	६१९	जून १९२१	६८

तक्ता क्र. १—चालू

युनायटेड स्टेट्स व परदेशांतील नद्यातील असाधारण अधिकतम पूर

नोंद अनुक्रम	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र चौ. मै.	पूर से. फू.	पूर दर चौ. मै.स से. फू.	पूराची तारीख	आधार
१३३	ऑस्टिन आॅरोयो प्यूब्लोजवळ	७.८	९,०५०	१,१६०	जून १९२१	६८
१३४	कॅमेरोन आॅरोयो प्यूब्लोजवळ	७.३	१३,९००	१,९००	जून १९२१	६८
१३५	टेंपल्टन गॅप, कोलोरॅडो स्प्रिग्ज	७.१	६,१२०	८६२	मे १९२२	७६
१३६	ब्ल्यू रिबन क्री. प्यूब्लो	६.७	९,११०	१,३६०	जून १९२१	६८
१३७	हॉगन्स गुल्च, एडन	६.१	९,६४०	१,५८०	ऑग. १९०४	११२
१३८	मुखाजवळ, मिसुरी.न कॅनिऑं से. २६, ट ६ एन्, आर ७० डब्ल्यू	२.४	४,३५०	१,८१०	जून १५, १९२३	१३५
१३९	द. आरोयो, प्यूब्लोजवळ	१.८	१,९१०	१,०६०	जून १९२१	६८
१४०	मॅग्पाथ गुल्च, गोल्डेनजवळ	१.५	१,९१०	१,२७०	जुलै १९२३	११२
१४१	स्काय रॉकेट क्री., औरे	१.०	२,०००	२,०००	जुलै १९२३	११२
१४२						
१४३						
१४४						
१४५						
१४६						
	कोनेक्टिकट :					
१४७	कॉनेक्टिकट न., थॉम्पसन व्हिल	९,६३७	२८२,०००	२९.३	मा. २०, १९३६	१५३

तक्ता क्र. १—चालू

युनायटेड स्टेट्स व परदेशांतील नद्यातील असाधारण अधिकतम पूर

नोंद अनुक्रम	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र चौ. मै.	पूर से. फू.	पूर दर चौ. मै.स से. फू.	पूराची तारीख		आधार
१४८	हुसेटोनी, गेलॉर्ड्स्व्हिल	१,०२०	३१,६००	३१			६९
१४९	फार्मिंग्टन न.	५८४	२४,४००	४१.७			७२
१५०	स्कँटी न. उत्तर फाटा	११८	६,१४०	५२			७२
१५१	हॉकॅनम न.	७९.०	६,१६०	७८			७२
१५२	फार्मिंग्टन न. पूर्व शाखा पश्चिम हार्टफर्ड	४७.४	६,७२०	१४१	नोव्हें.	४१२७	१५८
१५३	पेक्यूनॉक, ब्रिजपोर्ट	२५.०	३,९२०	१५७	जुलै	१९०५	१
१५४							
१५५							
१५६							
१५७							
१५८							
	कोलंबिआ जिल्हा :						
१५९	पॉटोमॅक न.—वॉशिंग्टन जवळ	११,५६०	४८४,०००	४२	मार्च	१९३६	१३५
१६०	रॉक क्री. क्यू. स्ट्रीट वॉशिंग्टनच्या ईशान्येस	७७.५	९,७६५	१२६			१४०
१६१	रॉक क्री., शेरिल ड्राईव्ह जवळ वॉशिंग्टन	६२.२	४,४६०	७१.७	ऑगस्ट	१९३३	१७२
१६२							

तक्ता क्र. १—चालू

युनायटेड स्टेट्स व परदेशांतील नद्यातील असाधारण अधिकतम पूर

नोंद अनुक्रम	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र चौ. मै.	पूर से. फू.	पूर दर चौ. मै. स. से. फू.	पूराची तारीख	आधार
१६३						
१६४						
१६५						
१६६						
	फ्लॉरिडा :					
१६७	यलो न., होल्टजवळ	१,२२०	३४,४००*	२८.२	ऑ. १९, १९३९	१९१
			(९०,०००)	(७३.८)	१९२९	१९१
१६८	अलाचिया न.	३३६	३०,०००	८९.३		१८२
१६९						
१७०						
१७१						
१७२						
१७३						
	जॉर्जिया :					
१७४	ॲप्पलाचिकोला न. जक्शन	१७,३००	३८१,०००	२२		७४
१७५	सॅव्हॅना न. ऑगस्टा	७,३०४	३५०,०००	४८	ऑक्टो ३, १९२९	१३२
१७६	ऑक्मल्गी न., लॅंबर सिटी	५,१८०	४३,८००	८.५	मार्च ९, १९३९	१९१
१७७			(१५००००)	(२९.०)	जा. २१, १९२५	१९१

तक्ता क्र. १—चालू

युनायटेड स्टेट्स व परदेशांतील नद्यातील असाधारण अधिकतम पूर

नोंद अनुक्रम	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र चौ. मै.	पूर से. फू.	पूर दर चौ. मै.स से. फू.	पूराची तारीख		आधार
१७८	चॅट्टाहूची, वेस्टपॉइंट	३,३००	१३९,०००	४२.१	डिसें.	१९१९	९९
१७९	ऑकोनी, मिल्लेडगोव्हिल	२,८४०	११५,०००	४०.५	जा.	१९२५	११९
१८०	ऱ्हाईन, मॅकॉन	२,५७४	९६,३००	३७.४			६९
१८१	ऑक्मल्गी न, मॅकॉन	२,४२५	९०,०००	३७.१	जा.	१९२५	११९
१८२	फ्लिंट न. कल्लोडेन	२,०००	८५,०००	४२.५	जुलै	१९१६	९९
१८३	इटोव्हा न., रोम	१,८००	५९,४००	३३.०	मार्च	१९०६	६९
१८४	ओकोनी न., ग्रीन्स्बोरो	१,१००	६८,२००	६२	ऑग.	१९०८	११९
१८५	ब्रॉड न. कार्ल्टन जवळ	७६२	४७,२००	६२	ऑग.	१९०८	९०
१८६	टोक्का न., ब्ल्यूब्रिज जवळ	२३१	१२,२००	५३		१९०१	१६
१८७	सोकी न., डेमोरेस्ट	१५८	८,८५०	५६			६९
१८८							
१८९							१९
१९०							६०
१९१							
१९२							
	आयडाहो :						
१९३	स्नेक न., मर्फीजवळ	४१,९००	४७,४००	१.१३	जून	१९१८	१०४३

तक्ता क्र. १—चालू

युनायटेड स्टेट्स व परदेशांतील नद्यांतील असाधारण अधिकतम पूर

नोंद अनुक्रम	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र चौ. मै.	पूर से. फू.	पूर दर चौ. मै. स. से. फू.	पूराची तारीख		आधार
१९४	स्नेक न., साऊथ फॉक मिनिडोका	२२,०००	५४,२००	२.४०	जून	१८९६	६९
१९५	सालमन न. व्हाईट बर्ड	१३,४००	१२०,०००	९.००	जून	१८९४	१७३
१९६	स्नेक न. साऊथ फॉक लिऑन	५४८०	५१,५००	९.४०	मे	१९०४	६९
१९७	क्लिअर वाटर न., कामिआ	४,८५०	७६,६००	१५.८	मे	१९१३	७२
१९८	पेट्टी न., हॉर्शशू बेंड	२,२३०	२२,१००	९.९	जून	१९२१	१७३
१९९	वीसर न., वीसर	१,६७०	१७,९००	१०.७	मे	१८९६	९९
२००	कुअर ड. अलेन न., कॅटल्डो जवळ	१,२२०	२२,०००	१८.०	मार्च	१९२१	१०३
२०१	सेंट जो न., काल्डर	१,०८०	१७,३००	१६.०	मे	१९२२	१०३
२०२	टेटन न. सेंट अँथनी जवळ	९६०	७,५००	७.९	जून	१९०९	६९
२०३	क्लिअर वॉटर न., सेंट फॉक, ग्रँगेव्हिल जवळ	९४०	९,८७०	१०.५	मे	१९१२	१०३
२०४	मूयी न. स्नायडर	७१७	१०,८००	१५.१	जून	१९१६	१०३
२०५	पेट्टे न., एन. एफके., व्हॅन व्याक	५८६	८,८००	१५.०	मे	१९२१	१०३
२०६	सेंट मेरीज न., लोटस	४२०	८,८३०	२१.०	मार्च	१९२१	१०३
२०७	पेट्टे न. एन. एफके. लार्डो	१३१	४१९०	३२.०	जून	१९०९	१०३
२०८	हल्स गल्च, बॉइज	५,०	५,०००	१०००	जुलै	१९१३	९१

तक्ता क्र. १—चालू

युनायटेड स्टेट्स व परदेशांतील नद्यातील असाधारण अधिकतम पूर

नोंद अनुक्रम	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र चौ. मै.	पूर से. फू.	पूर दर चौ. मै.स से. फू.	पुराची तारीख	आधार
२०९						
२१०						
२११						
२१२						
२१३						
	इलिनिऑईस :					
२१४	मिसिसिपी न. कैरो	९०२,०००	२,०१०,०००	२.२३	१९१२	८९
२१५	ओहिओ न., कैरो	२०३,९००	१,९५०,०००	९.५०	फे. ३–४ १९३७	१४९
२१६	वाबाश न., मौंट कार्मेल	२८,६००	४२८,०००	१५.०	मार्च ३०, १९१३	१३२
२१७	इलिऑनिस न., मुखापाशी	२७,९१४	१२५,०००	४.४८	एप्रिल १९०४	९०
२१८	इलिऑनिस न., पिओरिआ	१३,४८०	८०,१००	५.९४	मार्च १९०४	७२
२१९	कन्काकी न., कस्टरपार्क	४,८७०	३३,७००	६.९	मे १४, १९३३	१५७
२२०	इरक्वाॅज न., चेबान्से	२,१२०	२७,०००	१२.७	मे १३, १९३३	१५७
२२१	स्पून न. सेव्हिल	१,६००	३५,३००	२२.००	ऑ. २२· १९२४	१५७
२२२	पिकॅटोनिका न. फ्रीपोर्ट	१,३३०	१८,४००	१३.८	मार्च १६ १९२९	१५७
२२३	मॅकिनाॅ न., ग्रीनव्हॅली	१,१००	२१,८००	१९.८	मे १९, १९२७	१५७
२२४	व्हॅर्मिलिअन न., स्ट्रीटर	१,०८०	१६,०००	१४.८	जा. २१, १९१६	१५७

तक्ता क्र. १—चालू

युनायटेड स्टेट्स व परदेशांतील नद्यांतील असाधारण अधिकतम पूर

नोंद अनुक्रम	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र चौ. मै.	पूर से. फू.	पूर दर चौ. मै.स से. फू.	पुराची तारीख	आधार
२२५	बिगमडी न., प्लमफील्ड	७५३	१६,३००	२१.६	फेब्रु. १. १९१६	१५७
२२६	डेस प्लेन्स न., रिव्हरसाईड	६३०	१३,१००	२०.८	१८८९	७२
२२७	सॅग्मन न., एस. एफके, किन्केड	५१०	११,८००	२३.२	मार्च १६, १९२२	१५७
२२८	स्प्रिंग क्री., जोलिएट	१९.७	१,०७०	५४.३	जून ११, १९२६	१५७
२२९						
२३०						
२३१						
२३२						
२३३						
	इंडिआना :					
२३४	व्हाईट न., हॅझल्टन	११,३००	२३५,०००	२०.८	मार्च २९, १९१३	१३२
२३५	व्हाईट न., इ. एफके., शोस्ल्स	४,९४०	१३६,०००	२७.५	मार्च २८, १९१३	१३२
२३६	वाबाश न., लॉगन्स्पोर्ट	३,७६०	११६,०००	३०.९	मार्च २६, १९२३	१३२
२३७	ॲन्टीटम क्री., शार्प्सबर्ग	२९५	६,७९०	२३	१९०२	१७
२३८	गनपावडर फॉल्स, ग्लेंको	१६०	५,६००	३५		६९
२३९						
२४०						

तक्ता क्र. १—चालू

युनायटेड स्टेट्स व परदेशांतील नद्यातील असाधारण अधिकतम पूर

नोंद अनुक्रम	प्रवाह आणि स्थान	जल नि:सारण क्षेत्र चौ. मैं.	पूर से. फू.	पूर दर चौ. मै.स से. फू.	पूराची तारीख		आधार
२४१							
२४२							
२४३							१
	आयोव्हा :						९
							०
२४४	मिसूरी न. स्लॉक्ससिटी	३२३,४६२	५३१,०००	१.६४		१८८१	३०
२४५	मिसिसिपी न., क्यूकुक	११९,०००	३६०,०००	३.०२		१८५१	१५०
२४६	मिसिसिपी न., क्लेटन	७९,०४०	२१०,०००	२.६६		१८८०	३०
२४७	डेस मॉईन्स न., किआसॉक्का	१३,९००	९७,०००	७.०		१९०३	१७४
२४८	सेडर न., सेटर रॅपिडस	६,३२०	५६,९००	९.०	एप्रिल	१९१७	९०
२४९	आयोवा न., आयोवासिटी	३,२२०	३६,२००	११.२	जून	१९१८	१७४
२५०	डेव्हिल्स क्री., वील जवळ	१४३	८५,८००	६००	जून	१९०५	९
२५१	डायरेम, डेकोरा	२२.३	१६,१००	७२०	मार्च	१९१५	९१
२५२	लिटल डेव्हिल्स क्री.	१९.०	१०,६००	५६०	जून	१९०५	९१
२५३	पँथर क्रीक	१४.०	७,२८०	५२०	जून	१९०५	९१
२५४							
२५५							
२५६							

तक्ता क्र. १–चालू

युनायटेड स्टेट्स व परदेशांतील नद्यातील असाधारण अधिकतम पूर

नोंद अनुक्रम	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र चौ. मै.	पूर से. फू.	पूर दर चौ. मै.स से. फू.	पूराची तारीख	आधार
२५७						
२५८						
	कान्सास :					
२५९	कान्सास न., लॉरेंस	५९,८४१	२२८,०००	३.८०	१९०३	१
२६०	कान्सास न. जंक्शन सिटी	४४,९१०	१७९,०००	४.०	मे–जून १९३५	१५२
२६१	रिपब्लिकन न., जंक्शन सिटी	२४,९६०	१६८,०००	६.७	मे–जून १९३५	१५२
२६२	ब्ल्यू रिव्हर, मॅनहॅटनजवळ	९,४९०	८६,६००	९.१३	मे १९०३	७२
२६३	न्यूशो न., आयोला	३,६७०	७४,५००	२०.३	जुलै १९०४	२
२६४	व्हॅडिग्री न., लिबर्टी	३,०६७	५०,३००	१६.४	जुलै १९०४	२
२६५	चेरिव्हेल क्री., चेरिव्हेल	२.०	१,८६०	९३०		३१
२६६						
२६७						
२६८						
२६९						
२७०						
	केन्टकी :					
२७१	मिसिसिपी न., कोलंबस	९२,१९००	(२,५००,०००)	(२.७१)	फे. २७, १९३७	१३५

तक्ता क्र. १—चालू

युनायटेड स्टेट्स व परदेशांतील नद्यातील अधिकतम पूर

नोंद अनुक्रम	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र चौ. मैं.	पूर से. फू.	पूर दर चौ. मैं.स से. फू.	पुराची तारीख	आधार
२७२	ओहिओ न., पडुका	२०२,७००	१,८५०,०००	९.१	फेब्रु. १९१३	१३५
२७३	ओहिओ न., लुइसव्हिल	९०,६००	१,१००,०००	१२.१	जा. २७, १९३७	१३५
२७४	ओहिओ न., ॲश्लँड	६०,६००	७४०,०००	१२.२		१६५
२७५	ग्रीन न., लिव्हरमोअर	७,५००	२०८,०००	२७.७	जा. २७, १९३७	१३२
२७६	केंटकी न., लॉक्पोर्ट	६,१७०	९९,०००	१६.०	जा. २४, १९३७	१३२
२७७	कंबर्लंड न. बन्साईड	४,८९०	१६४,०००	३३.६		१४२
२७८	लिकिंग न., कॅटाब्बा	३,३२०	८६,२००	२६.०	जा. २३, १९३७	१३२
२७९	बिग सँडी न., लेव्हिसा एफके, पेंटसव्हिल	२,१५०	६९,०००	३२.१	जा. २९, १९१८	१३२
२८०	कंबर्लंडन, कंबर्लंड फौल्स	२,०१०	५९,६००	२९.६		१४२
२८१	कंबर्लंडने न., एस.एफके., व्हेल्स व्हिल	१,२६०	१६०,०००	१२७	मार्च २३, १९२९	१३२
२८२	कंबर्लंड न., बार्बोव्हिल	९८२	४०,१००	४०.८		१४२
२८३	रॉक कॅसल न., रॉक कॅसल स्प्रिंग्ज	७४६	३६,४००	४८.८		१४२
२८४						
२८५						
२८६						
२८७						
२८८						

तक्ता क्र. १—चालू

युनायटेड स्टेट्स व परदेशांतील नद्यातील असाधारण अधिकतम पूर

नोंद अनुक्रम	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र चौ. मै.	पूर से. फू.	पूर दर चौ. मै.स से. फू.	पूराची तारीख	आधार
२८८						
	लुइसीआना :					
२८९	मिसिसिपी न., कॅरॉल्टन	१,४००,०००	१,५००,०००	१.०७	मे १९२२	८९
२९०	मिसिसिपी न., रेड रिव्हर लँडिंग	१,२४२,७००	(२,०००,०००)	(१.६१)	फे. १८, १९३७	१३५, १३२
२९१	अच्चाफालाया न., क्रॉटझ स्प्रिंग्ज	१५०,०००	४४३,०००	२.९५	फे. २८, १९३७	१३२
२९२						
२९३						
२९४						
२९५						
२९६						
	मेन :					
२९७	सेंट जॉन न., वॅन बुरेन	८,२७०	१३४,०००	१६.२	मे २, १९२३	१७५
२९८	पेनॉब्स्कॉट न. बँगॉर	७,७००	११५,०००	१४.९		१०
२९९	सेंट जॉन न. फोर्टकेंट येथे फिश नदीच्या खाली	५,६९०	१२१,०००	२१.३	मे ५ १९३३	१५४
३००	पेनॅब्स्कॉट न. वेस्ट एन्फील्ड (मॉंटेग)	४,६९०	१५३,०००	३२.६	मे१ १९२३	९९
३०१	केनेबी न. वॉटर व्हिल	३,०३०	१५७,०००	५१.१	डि. १६ १९०१	९९

तक्ता क्र. १—चालू

युनायटेड स्टेट्स व परदेशांतील नद्यातील असाधारण अधिकतम पूर

नोंद अनुक्रम	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र चौ. मै.	पूर से. फू.	पूर दर चौ. मै.स से. फू.	पूराची तारीख	आधार
३०२	अँड्रास्कॉगिन न. गल्फ आयलंड	२,२६०	१४९,०००	६६	मार्च १९ १९३६	१४६
३०३	सॅको न. प. बक्स्टन	१,५७२	८०,०००	५१	मार्च २२ १९३६	१४६
३०४	मट्टावम्कीग न., मट्टावम्कीग	१,५००	४३,९००	२९.२	मे १, १९२३	१७५
३०५	अँड्रास्कॉगिन न. रंफर्ड	१,२४८	६८,३००*	५४.७	ए. १५, १८९५	९९
३०६	पिस्कॅटॅकिस न., फॉक्सक्रॉफ्ट जवळ	२८६	२१,७००	७५.८	से. २९, १९०९	१५४
३०७						
३०८						
३०९						
३१०						
३११						
	मेरिलँड:					
३१२	पोटोमॅक न., पॉइंट ऑफ रॉक्स	९,६५४	४८०,०००	५०	मार्च १९३६	१३५
३१३	पोटोमॅक न., कंबरलँड	८७५	८५,०००	९७	मार्च १९३६	१४६
३१४	मोनोकॅसी न., जॅग ब्रिज, फ्रेडरिक जवळ	८१७	६४,७००*	७९.२	ऑ. २४, १९३३	९९
३१५	गनपावडर नदी	३०२	२५,१००	८३	१८८९	६९
३१६	पोटोमॅक न., ब्लूमिंग्टन	२८७	७४,९००	२६१	मार्च २३, १९२४	१४६
३१७	विल्स क्रीक, कंबर्लंड	२४७	४३,७००	१७७	मार्च १९३६	१७२

तक्ता क्र. १—चालू

युनायटेड स्टेट्स व परदेशांतील नद्यातील असाधारण अधिकतम पूर

नोंद अनुक्रम	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र चौ. मै.	पूर से. फू.	पूर दर चौ. मै.स से. फू.	पूराची तारीख	आधार
३१८	ऑक्टोरॅरो क्री., रायसिंगसन जवळ	१९१	२५,४००	१३३	ऑ. २४, १९३३	१६६
३१९	पॅटपॅस्को न., उ-फाटा मॅरिअट्स्व्हिल ज.	१६५	१९,५००	११८	ऑ. २४, १९३३	९९
३२०	टाऊन क्री., ओल्ड टाऊन जवळ	१४८	२७,०००	१८२	मार्च १९३६	१८७
३२१	डियर क्री., रॉक्स	९४.४	२२,६००	२३९	ऑ. २३, १९३३	१६६
३२२	लेक रोलंड	३९.०	८,९७०	२३०	१८६८	९१
३२३	लिटल गनपावडर फॉल, लॉरेल फाटा	३६.१	९,२००	२५५	ऑ. २३, १९३३	९९
३२४	ॲनॅकॉस्टिया न., नैऋत्य फाटा., कॉलि.ज.	२१.३	४,५००	२११	ऑ. २३, १९३३	९९
३२५	ओवेन्सक्री., लॅंट्झ	५.७	४,५००	७९०	डिसें. १९२४	१८७
३२६						
३२७						
३२८						
३२९						
३३०						
	मॅसॅच्युसेटस :					
३३१	कॉनेक्टिकट न., मॉंटेग्यु सिटि	७,८४०	२३६,०००	३०.१	मार्च १९, १९३६	१५३
३३२	मेरिमॅक न. लोवेल	४,४२४	१७३,०००	३९.१	मार्च २०, १९३६	१५३
३३३	वेस्टफिल्ड न., वेस्ट फिल्डजवळ	४९७	५५,५००	११२	से. २१, १९३८	१८३

तक्ता क्र. १–चालू

युनायटेड स्टेट्स व परदेशांतील नद्यातील असाधारण अधिकतम पूर

नोंद अनुक्रम	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र चौ. मै.	पूर से. फू.	पूर दर चौ. मै.स से. फू.	पुराची तारीख	आधार
३३४	डिअरफील्ड न., चार्लमाँट	३६२	५६,०००	१५५	से. २१, १९३८	१८३
३३५	ग्रेट नं., वेस्टफील्ड	३५०	५२,८००	१५१	१८७८	७२
३३६	वेस्टफील्ड न., नाइटव्हिल	१६२	३३,७००	२०८	से. २१, १९३८	१८३
३३७	फॉमर न., जलाशयाचेवर, हॉलिओक	१३	२,८४०	२१८		६९
३३८	मॅन्हॅन न., हॉलिओक	१३	२,३७०	१८२	फेब्रु. १९००	९१
३३९						
३४०						
३४१						
३४२						
३४३						
	मिशिगन :					
३४४	ग्रँड न., ग्रँड रॅपिड्स	४,९००	४९,५००	१०.१	जून १९०५	७२
३४५	टिटॅब्वावासीन, फ्रॉलँड	२,४६१	४९,५००	२०.१	मार्च १९१९	१२०
३४६	ईस्कॅनॅबा न., ईस्कॅनॅबा	८००	१०,७००	१३.४		६०
३४०	डेड न., फॉरेस्ट व्हिल	१४२	२,४२०	१७		६९
३४८						
३४९						

तक्ता क्र. १—चालू

युनायटेड स्टेट्स व परदेशांतील नद्यातील असाधारण अधिकतम पूर

नोंद अनुक्रम	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र चौ. मैं.	पूर से. फू.	पूर दर चौ. मै.स से. फू.	पुराची तारीख	आधार
३५०						
३५१						
३५२						
	मिनेसोटा :					
३५३	मिसिसिपी न., सेंट पॉल	३६,८००	१०७,०००	२.९१	ए. २९, १८८१	१३२
३५४	मिसिसिपी नं., अनोका	१७,१००	४९,१००	२.८७		२५
३५५	मिनेसोटा न., मॅंकॅटो	१४,६००	४३,८००	३.०		२५
३५६	मिसिसिपी न., सॉक रॅपिडस	१२,४००	५०,९००	४.१		६९
३५७	सेंट क्रॉइक्स न., सेंट क्रॉइक्स फॉल्स	५,९५०	३५,७००	६		७२
३५८	पाईन न., पाईन जलाशयाच्या खाली	४५२	१८,१००	४०	जून १९०८	६९
३५९						
३६०						
३६१						
३६२						
३६३						
	मिसिसिपी :					
३६४	मिसिसिपी न., विक्सबर्ग	१,१४४,५००	२,४९५,०००	२.१८	मे ४, १९२७	१३२

तक्ता क्र. १—चालू

युनायटेड स्टेट्स व परदेशांतील नद्यातील असाधारण अधिकतम पूर

नोंद अनुक्रम	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र चौ. मैं.	पूर से. फू.	पूर दर चौ. मैं.स से. फू.	पुराची तारीख	आधार
३६५	याझू न., याझू मुख	१३,८५०	१३९,०००	१०.०	एप्रिल १८७४	७२
३६६	कोल्डवॉटर न., कोल्डवॉटर	१,४००	६०,०००	४२.८	जा. २१, १९३५	१६०
३६७	टॉबिग्बी न., ई-फोर्क., फुल्टन जवळ	६५०	२४,२००	३७.२	फे. १५, १९३९	१९१
			(८०,०००)	(१२३)		
३६८	रॉकी क्री., एलिस्व्हिल जवळ	१५	१६,६००	१,१००	मे १८८२	९१
३६९						
३७०						
३७१						
३७२						
३७३						
	मिसूरी :					
३७४	मिसिसिपी न., सेंट लुईस	७०१,०००	१,३००,०००	१.८५	जून २८, १८४४	१३२
३७५	मिसूरी न., सेंट चार्लस	५३०,८१०	६००,०००	१.१३	जून १९, १८४४	३०
३७६	ओसेज. बग्नेल	१४,०००	१५०,०००	१०.७	जून १८४४	१९६
३७७	मेरामेक न., यूरेका	३,८००	१७५,०००	४६.१	ऑ. २२, १९१५	१३२
३७८	बिग न., बायर्न्सव्हिल	८९२	८०,०००	८९.७	ऑगस्ट १९१५	१३२
३७९	कॅस्टर न., झॅल्मा	३९५	४०,०००	१०२	जा. १४, १९३७	१३२

तक्ता क्र. १—चालू

युनायटेड स्टेट्स व परदेशांतील नद्यातील असाधारण अधिकतम पूर

नोंद अनुक्रम	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र चौ. मै.	पूर से. फू.	पूर दर चौ. मै.स से. फू.	पुराची तारीख		आधार
३८०	रिओ डेस परका, सेंट लुईस	२३.८	६,०९०	२५६	ऑग	१९१५	८१
३८१	रिओ डेस परका, सेंट लुईस ज.	१५.६	६,४००	४१०	ऑग.	१९१५	८१
३८२							
३८३							
३८४							
३८५							
३८६							
	मॉंटाना :						
३८७	यलोस्टोन न., प्रवेशद्वार	६६,८००	१५९,०००	२.३८	जून	१९२१	९८
३८८	क्लर्क फोर्क, प्लेन्स जवळ	१९,९००	११५,०००	५.७८	जून	१९१३	९८
३८९	कूरेनाय न., लिव्बी	११,०००	१३०,०००	११.८	जून	१९१६	९८
३९०	फ्लॅट हेड न., पोल्सन ज.	७,०१०	७५,०००	१०.७	जून	१९१३	९८
३९१	फ्लॅट हेड न., कोलंबिअ फॉल्स	४,५६०	८८,०००	१०.३	जून	१९२२	९८
३९२	फ्लॅट हेड न., नॉर्थ फोर्क, बेल्टन	९००	४८,६००	५४	जून	१९१६	९८
३९३	सन न., नार्थ फोर्क, ऑगस्टा	६००	३२,४००	५४	जून	१९१६	६८
३९४	बीव्हर क्री., विब्यू	३११	३३,०००	१०६	जून ७,	१९२९	११७

तक्ता क्र. १–चालू

युनायटेड स्टेट्स व परदेशांतील नद्यातील असाधारण अधिकतम पूर

नोंद अनुक्रम	प्रवाह आणि स्थान	जलनिःसारण क्षेत्र चौ. मै.	पूर से. फू.	पूर दर चौ. मै.स से. फू.	पुराची तारीख	आधार
३९५	कस्टर क्री., माईल्स शहराच्या आग्नेय दिशेस	१५५	२१,०००	१३५	जून १९, १९३८	१३५
३९६	ल नॉयर कूली, माल्टा	१६	८,६१०	५३८	जून १९०६	१२०
३९७						
३९८						
३९९						
४००						
४०१						
	नेब्रास्का :					
४०२	रिपब्लिकन न., कॅंब्रिज	१२,३००	२८०,०००	२२.८	मे १९३५	१५२
४०३	रिपब्लिकन न., मॅक्स	५,८४०	१९०,०००	३२.५	मे–जून १९३५	१५२
४०४	रिपब्लिकन न., बेंकेलमनच्या खाली	५,१३४	१९०,०००	३७	मे–जून १९३५	१६९
४०५	नॉर्थ लूप, सेंट पॉल	४,०२०	७६,४००	१९	जून १८९९	१२०
४०६	रिपब्लिकन न., कान्सास स्टेट लाईन	२,५५०	१५०,०००	५८.८	मे १९३५	१५२
४०७						
४०८						

तक्ता क्र. १—चालू

युनायटेड स्टेट्स व परदेशांतील नद्यातील असाधारण अधिकतम पूर

नोंद अनुक्रम	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र चौ. मै.	पूर से. फू.	पूर दर चौ. मै.स से. फू.	पुराची तारीख		आधार
४०९							
४१०							
४११							
	नेवाडा :						
४१२	हंबोल्ट न., ओरिआना	१३,८००	३,०४०	०.२२	मे	१८९७	७२
४१३	मेडो व्हॅली वॉश, मोपाजवळ	२,१५०	८,१७०	३.८	जाने.	१९१०	७४
४१४	ट्रक्की न., रेनो	१,०७०	७,४९०	७.०		१९१३	७२
४१५	कार्सन न. ईस्ट फोर्क, रोडेन बॉहस	४१४	५,३८०	१३			६९
४१६	कार्सन न. ईस्ट फोर्क, स्टेट लाईन	२९८	४,८८०*	१६.४	जून	१९११	७०
४१७	बेकर क्रीक, बेकर	१०.०	१७०	१७		१९१४	७२
४१८							
४१९							
४२०							
४२१							
४२२							
	न्यू हॅम्पशायर :						
४२३	कॉनेक्टिकट न., ऑर्फोड	३,१००	५७,४००	१८.५	मार्च	१९१३	९९

तक्ता क्र. १–चालू

युनायटेड स्टेट्स व परदेशांतील नद्यातील असाधारण अधिकतम पूर

नोंद अनुक्रम	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र चौ. मै.	पूर से. फू.	पूर दर चौ. मै.स से. फू.	पुराची तारीख	आधार
४२४	मेरिमॅक न., फ्रॅंक्लीन जंक्शन	१,५०७	८३,०००	५५.१	मार्च १९. १९३६	१३६
४२५	मेरिमॅक न., फ्रॅंक्लीन जंक्शन	९८२	५५,६००	५६.६	नोव्हें. १९२७	९९
४२६	पेमिगेवॅसेट न., प्लायमाऊथ	६२२	६५,८००	१०६	मार्च १९, १९३६	१३४
४२७	सॅको न., कॉन्वेजवळ	३८६	४०,६००	१०५	मार्च १९, १९३६	१५३
४२८	बेकर्स न., वेंटवर्थजवळ	५२	१५,०००	२८८	नोव्हें. १९२७	९९
४२९	पीबॉडी न., गोरहॅमजवळ	४१	९,९२०	२४८	नोव्हें. १९२७	९९
४३०	एलिस न., वाइल्डेस्ट ब्रुकच्यावर, जॅक्सन	२८	१४,८००	५२९	नोव्हें. १९२७	९९
४३१	पी बॉडी नं., ग्लेनहाऊस	१७.४	७,३३०	४२१	नोव्हें. १९२७	९९
४३२						
४३३						
४३४						
४३५						
४३६						
	न्यूजर्सी					
४३७	डेल्वेअर न. ट्रॅंटन	६,७९६	२९५,०००	४३	ऑक्टों. १९०३	१८७
४३८	डेल्वेअर न., बेल्व्हिडेअर	४,५४२	२२०,०००	४८.५	ऑ. १०-११ १९०३	१६६

तक्ता क्र. १—चालू

युनायटेड स्टेट्स व परदेशांतील नद्यातील असाधारण अधिकतम पूर

नोंद अनुक्रम	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र चौ. मैं.	पूर से. फू.	पूर दर चौ. मै.स से. फू.	पुराची तारीख	आधार
४३९	रॅरिटॅन न., बाऊंड ब्रुक	८०६	६,६०००*	८२	से. १८८२	१
४४०	पॅसेक न., पॅटर्सन	७८५	३५,६००*	४५.५	ऑक्टो. १०,१९०३	१६६
४४१	पॉम्प्टन न., टू ब्रिजेस	३८०	२३,६००	६२	१९०३	१
४४२	रॅरिटन न., उत्तर फाटा, मिल्टॉऊन	१९०	१५,६००	८२.१	सप्टें. १५, १९३३	९९
४४३	रँपो न., महवाह	११८	१२,५००	१०६	ऑक्टो. १९०३	१२०
४४४	पेकॅनॉक न., मॅकोपिन धरण	६३.७	८,४५०*	१३३	ऑक्टो. ९ १९०३	९९
४४५	रॅरिटन न., उ. फाटा, फार हिल्स जवळ	२६	७,०००	२६९	जुलै २३, १९१९	१६६
४४६						
४४७						
४४८						
४४९						
४५०						
	न्यू मेक्सिको :					
४५१	सॅन जुआन न., शिपरॉकजवळ	१२,८००	१५०,०००	११.७	ऑक्टो. ६, १९११	१८६
४५२	कॅनॅडिअन न., लोगनजवळ	११,२००	२७८,०००	२४.८	से. ३०, १९०४	१८६
४५३	द. कॅनॅडिअन न., टुकुंकॅरीजवळ	७,२५०	२८०,०००	३८.६	१९०४	१८४

तक्ता क्र. १–चालू

युनायटेड स्टेट्स व परदेशांतील नद्यातील असाधारण अधिकतम पूर

नोंद अनुक्रम	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र चौ. मै.	पूर से. फू.	पूर दर चौ. मै.स से. फू.	पुराची तारीख	आधार
४५४	कॅनॅडिअन न. टेलर स्प्रिंग्जजवळ	२,८३०	९१,१००	३२.२	से. १९०४	१८६
४५५	ऊटे क्री., लोगनजवळ	२,०१०	१००,०००	४९.८	मे १, १९१४	१८६
४५६	कॅनेडिअन न., फ्रेंचजवळ	१,४८०	१५६,०००	१०५	से. १९०४	१८६
४५७	पेकॉस न., अँटन चिकोजवळ	१,०८०	४०,३००	३७.३	जून १, १९३७	१८६
४५८	काँचॅस न., वेरिअेडेरोजवळ	६९०	५१,८००	७५	जून ३, १९३७	१८६
४५९	मोरा न., लोमापार्डानजीक	५८५	३४,५००	५९	जून ११, १९१३	१८६
४६०	मोरा न., वेबर	२९४	२७,६००	९४	से. १९०४	६८
४६१	सॅपेलो क्री., वॅट्सजवळ, मुखाशी	२८४	६२,९००	२२२	से. २०, १९०४	१८६
४६२	टॉकिलो न., मोरा खोरे	१६०	१६,०००	१००	१८९३	९७
४६३	मोरा न., मोराचे खाली	१५९	२२,३००	१४०	से. १९०४	२
४६४	गॅलिनास न., माँटेझूमाजवळ	८९	११,६००	१३०	से. ३०, १९०४	१८६
४६५	पॅलोमास न., हेर्मोसाजवळ	५२	८,६८०	१६७	जुलै १९२५	७४
४६६	टॅनर ड्रा. क्लॅप हॅमजवळ	२०.३	११,२००	५५२	मे–जून १९३७	१८६
४६७	ड्रॉ, क्लेटनजवळ	२.६६	२,५५०	९५८	मे–जून १९३७	१८६
४६८						
४६९						
४७०						

तक्ता क्र. १—चालू

युनायटेड स्टेट्स व परदेशांतील नद्यातील असाधारण अधिकतम पूर

नोंद अनुक्रम	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र चौ. मै.	पूर से. फू.	पूर दर चौ. मै.स से. फू.	पुराची तारीख	आधार
४७१						
४७२						
	न्यूयॉर्क :					
४७३	सेंट लॉरेन्स न., ऑग्डेन्बर्गजवळ	२९८,०८०	३१९,०००	१.०७		१०५
४७४	नायगारा न., नायगारा	२६३,४४०	२९८,०००	१.१३		११४
४७५	नायगारा न., (फक्त जमीनक्षेत्र)	१७५,०००	२९९,०००	१.७१		११४
४७६	हडसन न., अल्बेनी	८,१००	२२०,०००	२७.२	मार्च २८, १९१३	१४१
४७७	हडसन न., मेकॅनिक्स्व्हिल	४,५००	१२०,०००	२६.७	मार्च २८, १९१३	१६६
४७८	मोहॉक न., कोहोज	३,४५६	१४०,०००	४०.६	मार्च १९१४	१४६
४७९	डेल्वेअर न., पोर्ट जर्व्हिस	३,०७६	१५५,०००	५०.४	ऑ. १०, १९०३	१६६
४८०	चेमुंग न., चेमुंग	२,५३०	९२,३००	३६.५		१६६
४८१	सुस्केचेना न., कॉंक्लीन	२,२४०	६२,१००	२८	मार्च १८, १९३६	१४६
४८२	चेमुंग न. बिग फ्लॅटसचे खाली	२,१५०	८७,२००	४१	मार्च १९३६	१८७
४८३	चेमुंग न., एल्मिरा	२,०५५	१३८,०००	६७.२	जून १ १८८९	९
४८४	चेनँगो न., चेनाँगो फोर्क्स	१,४९२	८२,८००	५५.५	जुलै १९३५	१५४
४८५	टिओगा न., अर्व्हिन्सजवळ	१,३७०	५९,८००	४४	मार्च १२ १९३६	१४६
४८६	जेनेसी न., सेंट हेलेना	९९२	४३,६००	४४	मे १९१६	११३

तक्ता क्र. १–चालू

युनायटेड स्टेट्स व परदेशांतील नद्यातील असाधारण अधिकतम पूर

नोंद अनुक्रम	प्रवाह आणि स्थान	जल नि:सारण क्षेत्र चौ. मै.	पूर से. फू.	पूर दर चौ. मै.स से. फू.	पुराची तारीख	आधार
४८७	स्कोह री क्री. फोर्ट हंटर	९००	४९,६००	५५.१	म र्च १९०१	३७
४८८	ब्लॅक न., लिऑन्स फॉल्स	८९७	४१,३००	४०.७	एप्रिल १८६९	७२
४८९	डेल्वेअर न., पूर्व फाटा हँकॉक	८३८	९१,८००	११०	मार्च २६, १९०४	९९
४९०	डेल्वेअर न., पूर्व फाटा फिश एडी	७८३	५३,३००	६८.१	ऑ. २४, १९३३	१६६
४९१	टायोगा न., लिडले	७७०	४१,२००	५४	मार्च १९३६	१८७
४९२	टायोग्नियोगा न., ईटास्का	७३५	४४,७००	६०.८	जुलै ८ १९३५	१६६
४९३	डेल्वेअर न., प. फाटा हेल्स एडि	५९३	४६,०००	७७.६	ऑक्टो.१०,१९०३	१६६
४९४	कोहॉक्टन न., कॅंबेलजवळ	४७२	४५,४००	९६.२	जुलै ८, १९३५	१६६
४९५	कॅटॅर ऊगस क्री., व्हसैलिस	४६७	२९,९००	६४	म र्च १९१८	१०४
४९६	ऑसेबल न., ऑसेबल फोर्क्स	४४४	२४,९००	५६	म र्च १९१३	११३
४९७	एसोपस क्री., सॉगर्टीस	४१७	५५,१००	१३२	डिसें. १८७८	६९
४९८	वेस्ट कॅनडा क्री., हिंक्ले	३७२	३९,१००	१०५	एप्रिल १८६९	३७
४९९	कॅनिस्टिओ न., प. कॅमेरॉन	३४४	३५,०००	१०२	जुलै १९३५	९९
५००	क्रॉटन न., क्रॉटन धरण	३३९	२५,४००	७५	१८६७	७२
५०१	ईस्ट कॅनडा क्री., डोल्गे व्हिल	२६४	२०,०००*	७५.८	मार्च २६, १९१२	९९
५०२	बीव्हर किल, कुक्स फॉल्स	२४१	१९,०००	७९	ऑ., १९३३	१८७
५०३	स्कोहॅरी क्रीक, प्रॅट् स्विहल	२३६	२९,०००	१२३	से. १९२४	१०१

तक्ता क्र. १—चालू

युनायटेड स्टेट्स व परदेशांतील नद्यातील असाधारण अधिकतम पूर

नोंद अनुक्रम	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र चौ. मै.	पूर से. फू.	पूर दर चौ. मै.स से. फू.	पुराची तारीख	आधार
५०४	नेव्हरसिंक न., ओक्लँड खोरे	२२२	२०,०००	९०	ऑ. २४, १९३३	१३३
५०५	कॅटस्किल क्री., द. कैरो	२१०	२१,०००	१००	स्प्रिंग १९०१	२७
५०६	इसोपस क्री., कोल्डब्रुक	१९२	५५,०००	२८६	ऑ. २४, १९३३	१६६
५०७	ओवेगो क्री., ओवेगो जवळ	१८६	२३,५००	१२६	जुलै ८, १९३५	१६६
५०८	कॅनिस्टिओ न., कॅनिस्टिओ	१८५	२५,०००	१३५	जुलै १९३५	१८७
५०९	फॉल्स क्रीक, इथाका	१२४	२५,८००	२०८	जुलै १९३५	१२२
५१०	औल्यूट क्री. पू. सिडने	१०१	१६,७००	१६५	जुलै १९३५	१८७
५११	रांडाऊट क्री., लॅकॅवॅकजवळ	१००	२६,७१५	२६७	ऑ. २६, १९२८	१६६
५१२	साल्मन क्री., मायर्स	८९.२	१८,५००	२०७	जुलै १९३५	१३३
५१३	बेनेट क्री., कॅनिस्टिओजवळ	७१.५	१२,४००	१७३	जुलै १९३५	९९
५१४	कॅनाकेडिआ क्री., हॉर्नेल	५९.४	२६,६००	४४८	जुलै १९३५	९९
५१५	टॉफनॉक क्री., उ. हॅल्सेव्हिल	५६.७	४२,१००	७४२	जुलै १९३५	१३३
५१६	कॅनाकेडीआ क्री., आल्मंड	४९.८	२२,०००	४४२	जुलै १९३५	१८७
५१७	मीडस क्री., पू. कॅवेल	४६.१	३०,३००	६५७	जुलै १९३५	१३३
५१८	कॅवेल क्री., कॅनोना जवळ	३५.८	१४,०००	३९१	जुलै १९३५	९९
५१९	डडले क्री., लिस्लेजवळ	२९.६	१६,२००	५४७	जुलै १९३५	१३३
५२०	ग्लेन क्री., वॉटकिन्स ग्लेन	२१.३	२७,९००	१,३१०	जुलै १९३५	१३३

तक्ता क्र. १—चालू

युनायटेड स्टेट्स व परदेशांतील नद्यातील असाधारण अधिकतम पूर

नोंद अनुक्रम	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र चौ. मैं.	पूर से. फू.	पूर दर चौ. मैं.स से. फू.	पुराची तारीख		आधार
५२१	पर्डी क्री., कॅनिस्टिओजवळ	२१.२	८,९९०	४२४	जुलै	१९३५	९९
५२२	मेरी क्री., अपर लिस्लेजवळ	२०.८	१५,१००	७२६	जुलै	१९३५	९९
५२३	स्टोनी ब्रुक., स्टोनी ब्रुक ग्लेन	१८.१	५,८००	३२०	जुलै	१९३५	९९
५२४	फाईव्ह माईल क्री., एन्फिल्ड	१८.०	८,३८०	४६६		१९३५	१३३
५२५	बिग क्री., उ. हॉर्नेल जवळ	१६.५	११,९००	७२१	जुलै	१९३५	९९
५२६	सॉकिल, बिअर्स व्हिलजवळ	१२.१	९,९८०	८२५	जुलै	१९३५	९९
५२७	ट्रू मन्सबर्ग क्री., ट्रू मन्स	११.५	१७,८००	१,५५०	जुलै	१९३५	१३३
५२८	विलेट क्रीक, मॅरेथॉनबर्ग	११	६,४३०	५८५	जुलै	१९३५	९९
५२९	सॉकिल, शेडीजवळ	९.५	९,१८०	९६६	जुलै	१९३५	१३३
५३०	स्टिफन्स क्री., कार्सन जवळ	७.०४	६,७००	९५२	जुलै	१९३५	९९
५३१	स्ट्रॉंग्ज ब्री., स्मिथ व्हिले फ्लॅटसजवळ	६.४१	६,६५०	१,०४०	जुलै	१९३५	९९
५३२	फाईन क्री., मॉंटेरेजवळ	५.०	३,२७०	६५४	जुलै	१९३५	१८७
५३३	ग्लेन क्री., टाऊन सेंड जवळ	२.९१	७,३३०	२,५२०	जुलै	१९३५	१३३
५३४	हरिस्बर्ग हॉलो, हिकरी हिल जवळ	२.४९	२,८१०	१,१३०	जुलै	१९३५	९९
५३५	ब्रुक, ब्रॅडफर्ड	१.६८	१,९४०	१,१५०	जुलै	१९३५	९९
५३६	मडक्रीक, लेरॉय	१.५	३,४५०	२,३००	मे	१९१६	७१
५३७	गिल्मोर ब्रि., प्रेस्टन जवळ	०.६२	५१८	८२५	जुलै	१९३५	९९

तक्ता क्र. १—चालू

युनायटेड स्टेट्स व परदेशांतील नद्यातील असाधारण अधिकतम पूर

नोंद अनुक्रम	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र चौ. मै.	पूर से. फू.	पूर दर चौ. मै.स से. फू.	पुराची तारीख	आधार
५३८	बीकन क्री., फिशकिलजवळ	०.२५	८००	३,२००	जुलै १८९७	२७
५३९						
५४०						
५४१						
५४२						
५४३						
	नॉर्थ कॅरोलिना :					
५४४	रोनोक न., ओल्ड गॅस्टन	८,३५०	२७५,०००	३२.९	नो. २६, १८७७	९९
५४५	पी डी न., रॉकिंगहॅमजवळ	६,९१०	२१२,०००	३०.७	से. १९, १९२८	१५५
५४६	केप फिअर न., फेटेव्हिल	४,२९०	१३३,०००	३१.०	ऑ. २९, १९०८	१५६
५४७	यॅडकिन न., हायरॉक	३,९३०	१८४,०००	४६.८	जुलै १९१६	९९
५४८	यॅडकिन न., डोनाहा	१,६००	८०,०००	५०	जुलै १९१६	९९
५४९	हॉ न., पिटसबोरोजवळ	१,३४०	९८,०००	७३.७	ऑग. १९०८	१५६
५५०	फ्रेंच ब्रॉड न., अॅशव्हिल	९४९	९०,०००	९४.८	जुलै १९१६	९९
५५१	लिटल टेनेसी न., जॅक्सन	६७५	५७,५००	८५.३	डिसें. १९०१	२१
५५२	टकेसेगी न., ब्रायसन	६६२	३८,६००	५८.२	मार्च १८८९	७२
५५३	फ्लॅट न., बहामा	१५०	१३,६००	९०.७	से. ८, १९३४	१७६

तक्ता क्र. १–चालू

युनायटेड स्टेट्स व परदेशांतील नद्यातील असाधारण अधिकतम पूर

नोंद अनुक्रम	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र चौ. मै.	पूर से. फू.	पूर दर चौ. मै.स से. फू.	पुराची तारीख	आधार
५५४	ब्रॉड न., चिमणी रॉकजवळ	९७	२०,५००	२११	ऑ. १५, १९२८	१७६
५५५	लिटल शुगर क्री., शार्लोटजवळ	४१.४	७,०३०	१७०	ऑ. १६, १९२८	१७६
५५६	मॉर्गन क्री., चॅपेल हिलजवळ	२७	३०,०००	१,११०	ऑ. ४, १९२४	१९६
५५७	केन क्री., बेकर्स व्हिल	२२	२९,५००	१,३४०	मे १९०१	३४
५५८	पिजन न. प. फोर्स्स, प्रूस	१,२०२	१६,५००	१,३५०	ऑ. १९४०	१९४
५५८a	पिजन न., मिडल प्राँग, स्प्रूस	८.४	१६,४००	१,९५०	ऑग. १९४०	१९४
५५९	बिग क्रीक, सनबर्स्ट जवळ	१.६९	१२,४००	७,३४०	ऑ. ३०, १९४०	१८९
५६०	बिग क्रीक, सनबर्स्ट जवळ	१.३२	१२,९००	९,८००	ऑग. १९४०	१९४
५६१						
५६२						
५६३						
५६४						
५६५						
	नॉर्थ डॅकोटा :					
५६६	रेड न., ग्रँड फोर्क्स	२५,०००	४२,५००	१.७०	१८९७	२५
५६७	लिटल मिसूरी, मेडोरा	५,७८०	१९,१००	३.३		६९
५६८	हार्ट न.. रिचर्डटन	१,२५०	८,०००	६.४		७२

तक्ता क्र. १—चालू

युनायटेड स्टेट्स व परदेशांतील नद्यातील असाधारण अधिकतम पूर

नोंद अनुक्रम	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र चौ. मै.	पूर से. फू.	पूर दर चौ. मै.स से. फू.	पुराची तारीख	आधार
५६९	ग्रँड, उत्तर फाटा, हॅले	५००	४,८००	११.६	१९१३	७२
५७०						
५७१						
५७२						
५७३						
५७४						
	ओहायहो :					
५७५	ओहायहो न., सिन्सिनाटी	७५,८००	९५०,०००	१२.५	जा २६, १९३७	१३५
५७६	मस्किगम न., मॅकोनेल्सव्हिल	७,४१०	२७०,०००	३७		१३५
५७७	मियामी न., मियामी	३,९३७	३८६,०००	९८	मार्च १९१३	१०७
५७८	सिओटो न., चिलिकोथ	३,८५०	२५०,०००	६५	मार्च १९१३	१३२
५७९	मियामी न., डेटन	२,५१०	२५०,०००	१००	मार्च १९१३	१३२
५८०	सिओटो न., कोलंबस	१,६२४	३८,०००	८४.९	मार्च २५, १९१३	१४७
५८१	लोअर सिओटो न., कोलंबस	१,५७०	१११,०००	७०.५	मार्च १९१३	७१
५८२	लिटल मिआमी न., मिलफोर्ड	१,१९५	८२,९००	६९.४	मार्च १९, १९३३	१३२
५८३	मियामी न., टॅड्मॉर	१,१३०	१२७,०००	११३	मार्च १९१३	१०७
५८४	सिओटो न., कोलंबस	१,०४७	८४,८००	८०.८	मार्च १९१३	९३

तक्ता क्र. १—चालू

युनायटेड स्टेट्स व परदेशांतील नद्यातील असाधारण अधिकतम पूर

नोंद अनुक्रम	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र चौ. मै.	पूर से. फू.	पूर दर चौ. मै.स से. फू.	पुराची तारीख		आधार
५८५	मॅड नदी, ऑर-वॉर्न	६४९	७६,०००	११७	मार्च	१९१३	१०७
५८६	स्टिलवॉटर न., इंगलवुड	६४६	८५,४००	१३२	मार्च १	१९१३	१४७
५८७	ऑलेन्टँगी न., कोलंबस	५१४	५०,४००	९८	मार्च	१९१३	७१
५८८	स्टिलवॉटर न. शुगर ग्रुव्ह	४४८	५१,५००	११५	मार्च	१९१३	१०७
५८९	ट्विन क्रीक, जर्मन टाऊन	२७०	६५,९००	२४४	मार्च	१९१३	१०७
५९०	लड्लो क्री., डेटनच्यावर	६५	१७,३००	२६६	मार्च	१९१३	९१
५९१	लॉस्ट क्री., डेटनच्यावर	५२	२९,७००	५७१	मार्च	१९१३	९१
५९२	हनी क्री., पू. फोर्क, न्यू कार्लाईल	११.८	१५,१००	१,२८०	जुलै	१९१८	७१
५९३	हनी क्री., पू. फोर्क, न्यू कार्लाईल	६.७	१४,८००	२,२१०	जुलै	१९१८	७१
५९४	हनी क्री., पू. फोर्क, न्यू कार्लाईल	३.५	३,५००	१,०००	जुलै	१९१८	१०९
५९५							
५९६							
५९७							
५९८							
५९९							
	ओक्लाहोमा :						

तक्ता क्र. १—चालू

युनायटेड स्टेट्स व परदेशांतील नद्यातील असाधारण अधिकतम पूर

नोंद अनुक्रम	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र चौ. मै.	पूर से. फू.	पूर दर चौ. मै.स से. फू.	पुराची तारीख		आधार
६००	आर्कान्सास न., मस्कोगी	९६,८००	२४३,०००	२.५	जून ९,	१९३५	१३२
			(२७०,७००)	(२.८)	जून	१९२३	१३२
			(३००,०००)	(३.१)	ऑक्टो.	१९४१	१९५
६०१	प. क्वार्टर मास्टर क्री.	१०८	६९,०००	६४०	एप्रिल	१९३४	१६९
६०२	प. क्वार्टर मास्टर क्री.	६१	३४,२००	५६०	एप्रिल	१९३४	१६९
६०३	नाईन माईल क्री.	४२	३६,१००	८६०	एप्रिल	१९३४	१६९
६०४	पू. क्वार्टर मास्टर क्री.	४१.५	५४,८००	१,३२०	एप्रिल	१९३४	१६९
६०५	सांर्जट मेजर क्रीक	३७	५३,६५०	१,४५०	मार्च	१९३४	१६९
६०६	पूर्व हे क्री. (वाशिटाखोरे)	४	६,४००	१,५९०	एप्रिल	१९३४	१६९
६०७							
६०८							
६०९							
६१०							
६११							
	ऑरिगॉन :						
६१२	कोलंबिया न., डलेस	२३७,०००	१,३९०,०००	५.८७	जून	१८९४	७२
६१३	विलमेट न., अल्बेनी	४,८६०	३०३,०००	६२.२		१८६१	७२
६१४	विलमेट न., मिडलफोर्क, डॉस्पर	१,४५०	९३,०००	६४.२			६९

तक्ता क्र. १–चालू

युनायटेड स्टेट्स व परदेशांतील नद्यातील असाधारण अधिकतम पूर

नोंद अनुक्रम	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र चौ. मै.	पूर से. फू.	पूर दर चौ. मै.स से. फू.	पुराची तारीख	आधार
६१५	सिलेट्झ न., सिलेट्झ	२०४	४०,८००	२००	नो. २०, १९२१	१७७
६१६	विलोक्रीक, हेप्नरजवळ	१२५	३६,०००	२८८	१९०३	१९
६१७	विलोक्रीक, हेप्नरजवळ	२०	३६,०००	१,८००	जून ४, १९०३	१९
६१८						
६१९						
६२०						
६२१						
६२२						
	पेन्सिल्वॅनिया :					
६२३	सस्केचाना न., मॅक्कॉल्स फेरी	२६,८००	८७०,०००	३२.५	मार्च ९, १९३६	१३५
६२४	ओहिओ न., पिट्सबर्ग	१९,१०६	६४०,०००	३४	मार्च १९३६	१४६
६२५	सस्केचाना न., सन्बेरी	१८,३००	५३०,०००	२९	मार्च १९३६	१८७
६२६	सस्केचाना न., डॅन्व्हिल	११,२२०	२५८,०००	२३	मार्च १८, १८६५	१५४
६२७	अॅलिघेनी न., किट्टॅनिंग	९,०१०	३०५,०००*	३३.८	मार्च १९१३	९०
६२८	सस्केचाना न., टॉवॅन्डा	७,७९७	१८८,०००	२४.१	मार्च १९३६ मार्च १७, १८६५	१६६
६२९	अॅलिघेनी न., पार्कर्स लॅंडिंग	७,६७१	२५०,०००	३३	मार्च १८६५	१८७

तक्ता क्र. १—चालू

युनायटेड स्टेट्स व परदेशांतील नद्यातील असाधारण अधिकतम पूर

नोंद अनुक्रम	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र चौ. मैं.	पूर से. फू.	पूर दर चौ. मैं.स से. फू.	पुराची तारीख	आधार
६३०	सस्केचाना न., वेस्ट ब्रि. वॅट्संटन	६,५९६	२८४,०००	४३	मार्च १६, १९३६	१३४
६३१	अॅलेघेनी न., फँक्लीन	५,९८२	१९६,०००	३३	मार्च १८६५	१८७
६३२	सस्केचाना न., प. फाटा वुइल्यम्स पोर्ट	५,६६२	३१३,०००	५५	मार्च १९३६	१४६
६३३	मोनान्गाहेला न., लॉक नं. ४	५,४३०	२०७,०००	३८.१	जुलै ११, १८८८	१
६३४	जूनिॲटा न., न्यूपोर्ट	३,४८०	२९२,०००	८४	मार्च १९०२	९०
६३५	सस्केचाना न., प. फाटा, रेनोव्हो	२,९७५	२३६,०००	७९.३	मार्च १८, १९३६	१३५
६३६	बीव्हर न., वॅपम	२,२३५	८७,०००	३९	मार्च १९१३	१८७
६३७	शूल्किल न., फिलॅडेल्फिया	१,८९३	१२७,०००	६७	ऑक्टो. १८६९	१८७
६३८	किस्किमिनेटास न., अव्हान्मोर	१,७२३	२००,०००	११६	मार्च १९३६	१३४
६३९	यूगिओघेनी न., सटर्सव्हिल	१,७१५	१००,०००	५८	मार्च १९३६	१८७
६४०	यूगिओवेनी न., कॉनेल्सव्हिल	१,३२६	९२,५००	७०	मार्च १९३६	१८७
६४१	ले नदी, बेथ्लेहेम	१,८२०	९४,०००	७३	फेब्रु. १९०२	१८७
६४२	यूगिहोवेनी न., ओहिआपाइल	१,०६५	८५,०००	८०	मार्च १९३६	१८७
६४३	जूनिआटा न., रेसटाऊन ब्रँच, हान्स ब्रिज	९४८	८६,५००	९१	मार्च १९३६	१८७
६४४	शूल्किल न., रीडिंग	९००	८०,१००	८९	१८५०	१०७
६४५	जूनिआटा न., फ्रँक्सटाऊन ब्रँच, पीटर्सबर्ग	८०६	८०,०००	९९	मार्च १९३६	१८७
६४६	जूनिआटा न., रेजटाऊन ब्रँच, सॅक्स्टन	७५६	८०,५००	१०६	मार्च १९३६	१८७

तक्ता क्र. १–चालू

युनायटेड स्टेट्स व परदेशांतील नद्यातील असाधारण अधिकतम पूर

नोंद अनुक्रम	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र चौ. मै.	पूर से. फू.	पूर दर चौ. मै.स से. फू.	पुराची तारीख	आधार
६४७	कोनेमॉघ न., न्यू फ्लॉरेन्स	७४८	९१,२००	११२		१३४
६४८	जूनिआटा न., रेजटाऊन ब्रँच, जूनिआटा क्रॉसिंग	५४९	६७,०००	१२२	मार्च १९३६	१८७
६४९	वेस्ट कोनेवॅगो, मँचेस्टर जवळ	५१०	४७,६००	९९.३	ऑ. २४, १९३३	१६६
६५०	स्टोनी क्री., फर्नडेल	४५१	५८,६००	१३०	मार्च १९३६	१८७
६५१	ब्लॉक्लिक क्री., ब्लॅक्लिक	३९०	५१,७००	१३३	मार्च १९३६	१८७
६५२	क्लिअरफील्ड क्री., डिमेलिंग	३७१	३७,६००	२११	मार्च १९३६	१८७
६५३	स्वातारा क्री., हार्पर टॅव्हर्न	३३३	५३,०००	१५९	जून १८८९	१८७
६५४	जुनिआटा न., फ्रँकस्टाऊन ब्रि., वुईलियम्स्बर्ग	२९१	४७,६००	१६४	मार्च १९३६	१८७
६५५	पर्किओ मेन क्री., ग्रेटर्सफोर्ड	२७९	४१,२००	१४८	जुलै १९३५	१८७
६५६	लायलहॅन्ना क्री, न्यू अलेक्झांड्रिया	२६५	३१,०००	११७	मार्च १९३६	१८७
६५७	कोडोरस क्री., यॉर्क	२२१	३४,०००	१५४	ऑ. २३-२४ १९३३	१३५
६५८	नेशॉमिनी क्री., लँगहॉर्न जवळ	२१०	३०,०००	१४३	ऑग. १९३३	१८७
६५९	शेर्मन क्री., शेर्मन्डेल	२००	३७,०००	१८५	जुलै १९२७	१८७
६६०	लिटल कोनेमॉघ न., कोनेमॉघ	१८७	२८,८००	१५४	मार्च १९३६	१८७

तक्ता क्र. १–चालू

युनायड स्टेट्स व परदेशांतील नद्यातील असाधारण अधिकतम पूर

नोंद अनुक्रम	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र चौ. मै.	पूर से. फू.	पूर दर चौ. मै.स से. फू.	पुराची तारीख		आधार
६६१	पेकी क्री., पेकीजवळ	१५३	२८,०००	१८३	जून	१९३८	१८७
६६२	चेस्टर क्री., फिलाडेल्फिया जवळ	६२	६२,०००	१,०००	ऑग.	१८४३	७७
६६३	डार्बी क्री., फिलाडेल्फियाजवळ	४८	२७,८००	५८०	ऑग.	१८४३	७७
६६४	क्रम क्री., फिलाडेल्फियाजवळ	२२	९,०२०	४१०	ऑग.	१८४३	७७
६६५	रिड्ले क्री., फिलाडेल्फियाजवळ	२०	१५,०००	७५०	ऑग.	१८४३	७७
६६६	मिल् क्री., एरी	१२.९	१२,९००	१,०००	ऑग.	१९१५	९१
६६७	गिस्ट रन., डनबार जवळ	७	३,८५०	५५०	जुलै	१९१२	१८७
६६८	कॅनोडॉकली ब्रँच, पूर्व प्रॉस्पेक्ट	२.२	३,५९०	१,६३०	जुलै	१९१४	७१
६६९	कॅनोडॉकली क्रीक, लाँग लेव्हलजवळ	२.२	२,४६०	१,१२०	जुलै	१९१४	१८७
६७०	इंडिअन रन, लेटॉर्ट	२.१	४,०६०	१,९३०			७१
६७१	ग्रीन फाटा, ब्रिजव्हिल	१.७	२,७१०	१,५९०	जुलै	१९१४	८३
६७२	मॅन्स रन, क्रेस्वेल स्टेशन	०.६७	१,७००	२,५४०	जुलै	१९१४	७१
६७३	डॉकर्स हॉलो, नॉर्थ ब्रॅडॉक	०.६०	२,४००	४,०००	जून	१९१७	७१
६७४	व्हिस्लर्स, लाँग लेव्हलजवळ	०.६	४५६	७६०	जुलै	१९१४	१८७
६७५	शिंगल रन, जॉन्स टाऊन	०.६	२९६	४९३	ऑग.	१९३१	१८७
६७६	बुल्स रन, लाँग लेव्हल	०.५८	२,४२०	४,१७०	जुलै	१९१४	७१
६७७							

तक्ता क्र. १—चालू

युनायटेड स्टेट्स व परदेशांतील नद्यांतील असाधारण अधिकतम पूर

नोंद अनुक्रम	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र चौ. मै.	पूर से. फू.	पूर दर चौ. मै.स से. फू.	पुराची तारीख	आधार
६७८						
६७९						
६८०						
६८१						
	ऱ्होड आयलंड					
६८२	सीकांक, प्रॉव्हिडन्स	१९०	१०,८००	५७	१८६७	७२
६८३	फ्लॅट न.,	६१	७,३२०	१२०	मार्च १८४३	७२
६८४						
६८५						
६८६						
६८७						
६८८						
	साऊथ कॅरोलिना :					
६८९	सॅंटी नदी, फर्ग्युसन	१४,८००	३६८,०००	२४.८	जुल २२, १९१६	१७६
६९०	पीडी नदी, चेरॉ	९,१००	२७३,०००	३०	से. १९०८	७४
६९१	सॅव्हॅना न., वुडलॉन	६,६००	२००,०००	३०.३	ऑ. २६, १९०८	९९
६९२	कॅरोलिनाची ब्रॉड न., रिच टेक्स	४,८००	२३९,०००	४९.८	ऑक्टो.३, १९२९	१५६

तक्ता क्र. १—चालू

युनायटेड स्टेट्स व परदेशांतील नद्यातील असाधारण अधिकतम पूर

नोंद अनुक्रम	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र चौ. मैं.	पूर से. फू.	पर दर चौ. मैं.स से. फू.	पुराची तारीख	आधार
६९३	ब्रॉड न., अल्स्टन	४,६०९	१३१,०००	२८.४	मे १९०१	७२
६९४	कॅटावबा न., रॉक हिल जवळ	३,०५०	१५१,०००	५०	मे २३, १९०१	९९
६९५	सालुदा न., सिल्व्हर स्ट्रीट जवळ	१,५७०	८३,८००	५३.४	ऑक्टो.३, १९२९	१७७
६९६	कॅटावबा न., कॅटावबा	१,५३५	११०,०००	७१.७	जुलै १९१६	११८
६९७	पॅकोलेट न., स्पार्टन्स्बर्ग	४००	३५,६००	८९	जून १९०३	११
६९८	एनोरी न., एनोरीजवळ	३०७	३५,८००	११७	ऑक्टो.२, १९२९	१७६
६९९	रीडी न., प्रिन्सटन जवळ	२१५	२८,०००	१३०	ऑग. १९०८	९९
७००						
७०१						
७०२						
७०३						
७०४						
	साऊथ डाकोटा :					
७०५	चेयेन न., हॉटस्प्रिंग्ज	८,७२०	१५०,०००	१७.२	मे १९२०	११२
७०६	व्हाईट न., इंटीरिअर जवळ	४,०९०	१६,४००	४	१९०५	७२
७०७	रेडवॉटर न., बेले फूर्शे	१,००६	८,०५०	८	१९०४	७२
७०८						

तक्ता क्र. १–चालू

युनायटेड स्टेट्स व परदेशांतील नद्यातील असाधारण अधिकतम पूर

नोंद अनुक्रम	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र चौ. मै.	पूर से. फू.	पूर दर चौ. मै.स से. फू.	पुराची तारीख	आधार
७०९						
७१०						
७११						
७१२						
	टेनेसी :					
७१३	मिसिसिपी न., मेफिस	९३२,८००	१८००,०००	१.९	जा. २९, १९३७	१३५
७१४	टेनेसी न., जॉन्सन व्हिल	३८,५००	४६०,०००	११.९	मार्च २४, १८९७	१३२
७१५	टेनेसी नदी, चॅट्टानुगा	२१,३८२	४५९,०००	२१.४	मार्च ११, १८६७	१३५
७१६	टेनेसी न., ब्रीडेन्टन	१७,४६०	(७००,०००)	(२२.९)	मार्च ११, १८६७	१३२, १३५
७१७	कंबलॅंड न., क्लार्क्सव्हिल	१६,०००	२९०,०००	१८.१	जा. २४, १९३७	१३२
७१८	कंबलॅंड न., नॅशव्हिल	१२,८६०	२०३,०००	१५.८	जा. १, १९२७	१३२
७१९	टेनेसी न., लंडन	१२,३००	३६५,०००	२९.७	मार्च ११, १८९७	१३५, १३२
७२०	कंबलॅंड न., कार्थेज	१०,७४०	१८३,०००	१७.१	डि. ३०, १९२६	१३२
७२१	टेनेसी न., नॉक्सव्हिल	८,९९०	(२५०,०००)	(२७.८)	मार्च १०, १८६७	१३५, १३२
			१९५,०००	२१.७	मार्च १, १९०२	१४२
७२२	कंबलॅंड, सेलिना	७,३२०	१५३,०००	२०.९	डि. २९, १९२६	१३२
७२३	फ्रेंच ब्रॉड न., डॅंड्रिज	४,४४६	(१५५,०००)	(३४.९)	मे २१ १९०१	१३५ १३२

तक्ता क्र. १—चालू

युनायटेड स्टेट्स व परदेशांतील नद्यातील असाधारण अधिकतम पूर

नोंद अनुक्रम	प्रवाह आणि स्थान	जल नि:सारण क्षेत्र चौ. मै.	पूर से. फू.	पूर दर चौ. मै.स से. फू.	पुराची तारीख	आधार
७२४	क्लिच न., क्लिटन	३,०९०	७४,३००	२५	१८६२	१४२
७२५	हॉल्स्टन न., रोजर्सव्हिल	३,०६०	(२००,०००)	(६५.४)	मार्च १०, १८६७	१३२ १३५
			७०,९००	२३.२	जा. २९, १९१८	१२५
७२६	लिटल टेनेसी न., मॅक् घी	२,४७०	(१३७,०००)	(५५.४)	मार्च १८६७	१३२ १३५
			११८,०००	४७.८	एप्रिल२, १९२०	१४२
७२७	हिवास्सी न., चार्लस् टन	२,२९७	(७०,०००)	३०.५	मार्च १३, १८८६	१३२
			५३,५००	२३.२		१४२
७२८	कॅनी फोर्क, सिल्वर पॉईंट	२,१००	१७८,०००	८४.४	मार्च २३, १९२९	१९६
७२९	हॅचो न., स्टॅंटन	१,९४०	५९,०००	३०.४	जा. २२, १९३५	१३२
७३०	ओबिऑ न., ओबिऑन	१,८८०	९९,५००	५३	जा. २४, १९३७	१३२
७३१	लिटल टेनेसी न., काल्डरवुड	१,८७०	७०,०००	३७.४		१४२
७३२	फ्रेंच ब्रॉड न. न्यूपोर्ट	१,८६०	(१६०,०००)	(८६.०)	फे. २८, १९०२	१३२, १३५
			६२,२००	३३.४	एप्रिल ८, १९०३	१४२
७३३	कॅन्नीफोर्क, रॉक आयलंड	१,६४०	२१०,०००	१२८	मार्च २३, १९२९	१४२
७३४	डक न., कोलंबिया	१,२१०	(५४,०००)	(४४.६)	मार्च ३०, १९०२	१३२, १३५
			४३,८००	३६.२	मार्च २५, १९२९	१४२
७३५	हिवास्सी न., रिलायन्स	१,१८०	५५,१००	४६.७	नोव्हें. १९०६	६९

तक्ता क्र. १–चालू

युनायटेड स्टेट्स व देशांतील नद्यातील असाधारण अधिकतम पूर

नोंद अनुक्रम	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र चौ. मैं.	पूर से. फू.	पूर दर चौ. मैं.स से. फू.	पुराची तारीख	आधार
७३६	नोलीचक्की न., ग्रीनव्हिल	१,१४०	७३,५००	६४.५		१४२
७३७	एल्क न., फेटेव्हिल	८५७	४५,६००	५३.३		१४२
७३८	नोलीचक्की न., एंब्रीव्हिल	७९५	४२,१००	५३.०	मार्च २६, १९३५	१३२
७३९	एमरी न., हॅरिमन	७९३	१५१,०००	१९०	मार्च २३, १९२९	१९६
७४०	एमरी न., ओक्डेल	७६४	(१५०,०००)	(१९६)	मार्च ३, १९२९	१३५
			६७,७००	८८.६	जा. २, १९३७	१३२
७४१	वाटाउगा न., एलिझाबेथ टन	६९२	(८६,०००)	(१२४)	फे. २८, १९०२	१३२, १३५
			४०,०००	५७.८	जुलै १६, १९१६	१३२
७४२	लिटल टेनेसी न., जड्सन	६७५	५७,५००	८५.२	डिसें. १९०१	६९
७४३	कॉलिन्स न., मॅक् मिन्व्हिल	६२४	७५,३००	१२१	मा. २३, १९२९	१४२
७४४	स्टोन्स न., स्मर्ना	५५२	४५,०००	८१.५	मार्च २३, १९२९	१३२
७४५	ओबे न., बर्ड्स टाऊन	४५२	३५,०००	७७.४	जून २९, १९२८	१४२
७४६	बफेलो न., फ्लॅट वुड्स	४३९	३४,८००	७९.४		१४२
७४७	लिटल पिजन न., सेव्हिअर व्हिल	३५३	३२,०००	९०.७	जून२९, १९२८	१३२
७४८	न्यू न., न्यू रिव्हर	३१२	७०,०००	२२४	मार्च २३, १९२९	१४२, १९६
७४९	पिनी न., स्प्रिंगसिटी	९७	१६,५००	१७०		१४२

तक्ता क्र. १—चालू

युनायटेड स्टेट्स व परदेशांतील नद्यातील असाधारण अधिकतम पूर

नोंद अनुक्रम	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र चौ. मै.	पूर से. फू.	पूर दर चौ. मै.स से. फू.	पुराची तारीख	आधार
७५०	बिग रॉक क्रीक, व्हेरोनाजवळ	४८.७	२६,४००	५००	जून १८, १९३९	१८५
७५१	डॅडी क्रीक, ग्रासी कोव्ह	४६	१४,६००	३१५	मार्च २३, १९२९	१४२
७५२	रॉबर्ट्सन फोर्क, लिव्हिंग्लच्या पूर्वेस	१२.५	६,१००	४९०	जून१८, १९३९	१८५
७५३	बिग रॉक क्री., लेव्हिस्बर्गच्या वर	१२	९,७००	८१०	जून १८, १९३९	१८५
७५४	फाऊंटन क्री., कुलेओका	१०.७	७,३००	६८६	जून १८, १९३९	१८५
७५५	बेल्फास्ट, फार्मिंगनच्या वर	१०.२	४,०००	३९०	जून १८, १९३९	१८५
७५६	फाऊंटन क्री., साउथ फोर्क कॅबेल्स					१८५
	स्टेशनच्या खाली	८.४	६,१००	७३०	जून १८, १९३९	१८५
७५७	ग्लोब क्री., ईस्ट फोर्क, मॅकेंझी स्कूल	६.६	१६,३००	२,४७०	जून १८, १९३९	१८५
७५८	मूर्स व्हिल क्री., मूर्स व्हिल जवळ	४.२	६,९००	१,६३०	जून १८, १९३९	१८५
७५९	बेंअर क्री., मूर्स व्हिलजवळ	३.२	३,३००	१,०३०	जून १८, १९३९	१८५
७६०	लिटल न., इस्ट फोर्क., पिजन	०.४	४,५००	११,२००	ऑ. ३०, १९१०	१८९
७६१	मर्चिसन फार्म, जॅक्सन	०.१७	३२३	१,९००	एप्रिल १९१८	११६
७६२						
७६३						
७६४						
७६५						

तक्ता क्र. १–चालू

युनायटेड स्टेट्स व परदेशांतील नद्यातील असाधारण अधिकतम पूर

नोंद अनुक्रम	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र चौ. मै.	पूर से. फू.	पूर दर चौ. मै. से. फू.	पुराची तारीख	आधार
७६६						
	टेक्सास :					
७६७	रिओग्रँड, डेल रिओजवळ	१२३,३१८	६०४,५९०	४.९	से. १, १९३२	१२६
७६८	कोलोरॅडो न., ऑस्टिन	२६,३५०	४८१,०००	१८.३	जून १५, १९३५	१५०
७६९	सॅनजुआन न., रोझॅलिया स्टे.	१३,०००	३३५,०००	२६		१३५
७७०	कोलोरॅडो न., स्टेसी जवळ	११,६६०	३५६,०००	३०.५	से. १८, १९३६	१५०
७७१	लिटल न., कॅमेरॉन	७,०३४	६४७,०००	९२	से. १०, १९२१	१५०
७७२	काँचो न., पेंट रॉक जवळ	५,२५७	३०१,०००	५७.३	से. १७, १९३६	१५०
७७३	लिटल न., लिटल रिव्हर जवळ	५,२४०	३३१,०००	६३.२	से. १०, १९२१	१५०
७७४	काँचो न., सॅन एँजेलो जवळ	४,२१७	२४६,०००	५८.३	ऑग. ६, १९०६	१५०
७७५	डेव्हिल्स न., डेलरिओ जवळ	४,०६०	५९७,०००	१४७	से. १, १९३२	१५०
७७६	लॅनो न., कॅस्टेलजवळ	३,५१४	३८८,०००	११०	जून १४, १९३५	१५०
७७७	फ्रिओ न., डर्बीजवळ	३,४९३	२३०,०००	६५.८	जुलै ४ १९३२	१५०
७७८	सॅन जॅसिटो न. हफ्मन	२,७९१	२५३,०००	९०.६	नोव्हें. १९४०	१८८
७७९	डेव्हिल्स न., जूनो जवळ	२,७३३	३७०,०००	१३५	से. १९३२	१२९
७८०	न्यूसेस न., उव्हॅल्डे जवळ	१,९३०	६१६,०००	३१९	जून १४, १९३५	१५०
७८१	सॅन जॅसिटो न., हंबल जवळ	१,८११	१८७,०००	१०३	नोव्हें. १९४०	१८८

तक्ता क्र. १—चालू

युनायटेड स्टेट्स व परदेशांतील नद्यातील असाधारण अधिकतम पूर

नोंद अनुक्रम	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र चौ. मैं.	पूर से. फू.	पूर दर चौ. मै.स से. फू.	पुराची तारीख	आधार
७८२	लॅनो न., जंक्शन जवळ	१,७६२	३१९,०००	१८१	जून १४, १९३५	१५०
७८३	लोझिअर क्री., लँगट्रीजवळ	१,७२८	१९७,०००	११४	सें. ४, १९३५	१५०
७८४	नॉर्थ कॉंचो न., सॅन एँजेलो	१,६७५	१८४,०००	११०	सें. १७, १९३६	१५०
७८५	पेकन बायू, ब्राऊनवुड जवळ	१,६१४	२३५,०००	१४६	जुलै ३, १९३२	१५०
७८६	पेडर नेल्सन न., स्पाईसवुड जवळ	१,२९४	१५५,०००	१२०	मे २८, १९२९	१५०
७८७	सॅन मॅर्कॉस न., ऑटिन	१,२४९	२०२,०००	१६२	मे २९, १९२९	१५०
७८८	ग्वाडालुपे न., कंफर्टजवळ	९१६	१८२,०००	१९९	जुलै १, १९३२	१५०
७८९	वेस्ट न्यूक्सेन न., क्लाईन जवळ	८८०	५३६,०००	६०९	जून १४, १९३५	१५०
७९०	फ्रायो न., उव्हाल्डे जवळ	८४०	१४८,०००	१७६	जुलै ३, १९३२	१५०
७९१	सॅन जॅसिंटो, कॉन्रो	८३२	११०,०००	१३२	नोव्हें. १९४०	१८८
७९२	न्यूसेस न., लॅगूना	७६४	२१३,०००	२७९	जून १४, १९३५	१५०
७९३	डाय डेव्हिल न., मुखाजवळ	७४८	१२९,०००	१७२	सें. १, १९३२	१५०
७९४	जिम नेड क्री., ब्राउनवुड जवळ	६६८	१८७,०००	२८०	जुलै ३, १९३२	१५०
७९५	ग्वाडालुप न., केव्हिल	५७०	१९६,०००	३४४	जुलै १, १९३२	१२९
७९६	सेंट लिअनो न., टेलिग्राफ जवळ	५४०	१६०,०००	२९६	जून १४, १९३५	१५०
७९७	सॅकेमूर क्री., डेल रिओजवळ	५२४	२१५,०००	४१०	जून १४, १९३५	१५०
७९८	सँडीज क्री., वेस्थॉप जवळ	४९३	९२,७००	१८८	जुलै २, १९३६	१५०

तक्ता क्र. १—चालू

युनायटेड स्टेट्स व परदेशांतील नद्यातील असाधारण अधिकतम पूर

नोंद अनुक्रम	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र चौ. मै.	पूर से. फू.	पूर दर चौ. मै.स से. फू.	पुराची तारीख	आधार
७९९	फ्रिओ न., कॉन्कॅन	४८५	१६२,०००	३३४	जुलै १, १९३२	१३१
८००	साऊथ कॉंचो न., क्रिस्टोबाल	४३४	८०,१००	१८५	से. १७, १९३६	१५०
८०१	सॅन गॅब्रिअल न., जॉर्जटाऊन	४३१	१६०,०००	३७१	से. १०, १९२१	६७
८०२	ब्लॅंको न., सॅन मॅकॉर्स जवळ	४२०	१३९,०००	३२४	मे २८, १९२९	१५०
८०३	वेस्ट न्युसेस न., ब्रॅकेटव्हिल जवळ	४०२	५८०,०००	१,४४०	जून १४, १९३५	१५०
८०४	हाँडो क्री., हाँडोजवळ	४००	७४,८००	१८७	जुलै २, १९३२	१५०
८०५	ब्लॅंको न., विंबर्ले	३७८	११३,०००	२९९	मे २८ १९२९	१५०
८०६	टेंचा क्री., जोकीन जवळ	३७४	११७,०००	३१३	जुलै २४, १९३३	१५०
८०७	ऍंकिला क्री., घॉल्सन जवळ	३७२	८४,५००	२२७	मे. २७, १९३६	१५०
८०८	फ्रिओ न., रिओ फ्रिओ	३७१	१२८,०००	३४५	जुलै १, १९३२	१५०
८०९	प्लम क्री., लुलीना जवळ	३५६	७८,५००	२२०	जुलै १, १९३६	१५०
८१०	ओनिअन क्री., डेल्व्हेल जवळ	३३७	१३८,०००	४०९	से. १०, १९२१	१५०
८११	ग्वाडालुप न., इंग्रॅम जवळ	३३६	२०६,०००	६१३	जुलै १, १९३२	१५०
८१२	जेम्स न., मेसनजवळ	३३६	८५,९००	२५६	जुलै २, १९३२	१५०
८१३	सॅबिनाल न., सॅबिनाल	२५८	७१,७००	२७८	जुलै १, १९३२	१५०
८१४	पिंटो क्री., डेलरिओ जवळ	२२९	५४,६५०	२३९	ऑ. ३१, १९३२	१५०
८१५	पेंट क्री., टलिग्राफ जवळ	२१८	६९,३००	३१८	जून १४, १९३५	१५०

तक्ता क्र. १–चालू

युनायटेड स्टेट्स व परदेशांतील नद्यांतील असाधारण अधिकतम पूर

नोंद अनुक्रम	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र चौ. मै.	पूर से. फू.	पूर दर चौ. मै.स से. फू.	पुराची तारीख	आधार
८१६	सेको क्री., ड. हॅनिस जवळ	१५३	२३०,०००	१,५००	मे ३१, १९३५	१५०
८१७	ओनिअन क्री., बुडा जवळ	१५१	५३,२००	३५२	मे २८, १९२९	१५०
८१८	सॅलॅडो क्री., सॅलॅडो	१४८	१४,३००	९६६	से. १०, १९२१	६७
८१९	ड्राय फ्रायो न., रीगन वेल्स जवळ	१२०	६४,७००	५३९	जून १४, १९३५	१५०
८२०	कॉप्पेरास क्री., रूझवेल्ट जवळ	११८	९८,९००	८३८	से १५-१६, १९३६	१५०
८२१	बार्टन क्री., रिले जवळ	११४	३९,४००	३४६	मे २८, १९२९	१५०
८२२	जॉन्सन क्री., इंग्रॅम जवळ	१११	१३८,०००	१,२४०	जुलै २, १९३२	१५०
८२३	उ. फोर्क, ग्वाडालुपे न. हंट जवळ	११०	१०८,०००	९८२	जुलै १, १९३२	१५०
८२४	टेरेट ड्रॉ., फोर्ट मॅकॅवेट जवळ	१०३	३५,८००	३४८	से १६, १९३६	१५०
८२५	सॅंडीज क्री., डेव्हिट जवळ	९५	५४,३००	५७२	जुलै १, १९३६	१५०
८२६	ब्लॅंको न., ब्लॅंको जवळ	९२.२	४३,५००	४७२	मे २८, १९२९	१५०
८२७	सॅन अँटोनिओ न., सॅन पेड्रो क्रीकच्या खाली	८५.०	४२,४२७	४९९	से. १०, १९२१	१५०
८२८	वेस्ट फोर्क, कोपेरास क्री. रूझवेल्ट जवळ	८१	५०,४००	६२२	से. १६, १९३६	१५०
८२९	पेकन क्री., सॅन एँजेलोजवळ	८१	३०,५००	३७७	से. १५, १९३६	१५०
८३०	चिल्ड्रेस क्री., चायना स्प्रिंग्जजवळ	७९	४७,०००	५९५	से. २६, २७, १९३६	१५०

तक्ता क्र. १—चालू

युनायटेड स्टेट्स व परदेशांतील नद्यातील असाधारण अधिकतम पूर

नोंद अनुक्रम	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र चौ. मै.	पूर से. फू.	पूर दर चौ. मै. स से. फू.	पुराची तारीख	आधार
८३१	ईस्ट फोर्क, फायो न., लीकीजवळ	७५	८९,५००	१,१९०	जुलै १, १९३२	१५०
८३२	ब्रशी क्री., राऊंड रॉक	७४.७	३४,५००	४६२	से. १०, १९२१	६७
८३३	हॅमिल्टन क्री., मार्बल फॉल्स जवळ	६७	२९,१००	४३५	से. १५, १९३६	१५०
८३४	साऊथ फोर्क, ग्वाडालूप न. व्हिक्टोरिया	६५.३	८४,३००	१,२९०	जुलै १, १९३२	१५०
८३५	सॅन फेलिप क्री., डेलरिओ	६२	४५,०००	७२६	जून १९३५	१२६
८३६	ईस्ट फोर्क जेम्स न. ओल्ड नॉक्सव्हिल	६०.८	१०५,०००	१,७३०	जुलै १, १९३२	१५०
८३७	फ्लॅट फोर्क क्री. सेंटर जवळ	५८	४२,२००	७२८	जुलै २४, १९३३	१५०
८३८	मेडिना नदीचा नॉर्थ फोर्क लिमा	५४	४०,२००	७४४	जुलै १, १९३२	१५०
८३९	ग्रेप न., काल्स्बाद जवळ	५३	३१,८००	६००	से. १७, १९३६	१५०
८४०	सॅन पेड्रो क्रीक, ॲपेक क्रीकच्या खाली	४६.५	३२,४४३	६९८	से. ९, १९२१	१५०
८४१	सॅबिनॉल न., व्हॅंडरपूल	४५.७	५२,३००	१,१४०	जुलै २, १९३२	१५०
८४२	सॅन ॲंटोनिओ, सॅन ॲंटोनिओ	३४.३	२३,७००	६९१	से. १९२१	६७
८४३	ई. फोर्क टेरॅट ड्रॉ, कोलकिल्न ड्रॉ. च्या खाली	३३	१८,७००	५६७	से. १६, १९३६	१५०
८४४	ई. फोर्क, ग्रेप क्री. काल्सबाद जवळ	३२	२३,५००	७३४	से. १७, १९३६	१५०
८४५	ओ'नील क्री. लीसव्हिल जवळ	३०	३०,०००	१,०००	जुलै १, १९३६	१५०
८४६	ऑल्मॉस क्री. सॅन ॲंटोनिओ	२६.४	२८,०००	१,०६०	से. ९, १९२१	१५०

तक्ता क्र. १—चालू

युनायटेड स्टेट्स व परदेशांतील नद्यातील असाधारण अधिकतम पूर

नोंद अनुक्रम	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र चौ. मै.	पूर से. फू.	पूर दर चौ. मै.स से. फू.	पुराची तारीख	आधार
८४७	बॉग्ज क्री., प्यूब्लोजवळ	२६	१५,१००	५८२		७१
८४८	ॲपेक क्री., सॅन ॲटोनिओ	२३.८	२२,६००	९४८	से. १९२१	६७
८४९	ॲटॅस्कोसा न. बेंटन सिटी जवळ	२१.३	२५,९००	१,२२०	जून २२ १९२४	१५०
८५०	मार्टीन्स क्री. सॅन ॲटोनिओ	१९.६	२३,९००	१,२२०		७१
८५१	ई. फोर्क, टेरेट क्री., कोल किल्न ड्रॉच्या वर	१९	१२,१००	६३७	से. १६ १९३६	१५०
८५२	अलाझान क्री. सॅन ॲटोनिओ	१७.१	३३,४००	१,९५०	से. १९२१	१६५
८५३	प. फोर्क, ग्रेप क्री., काल्स्बाद जवळ	१७	१४,२००	८३६	से. १७, १९३६	१५०
८५४	ड्राय क्री., सेंट ॲंजेलो जवळ	१४	२४,६००	१,७६०	से. १७, १९३६	१५०
८५५	बंटन शाखा, काईल न.,जवळ	४.१	१३,८००	३,३७०	जून ३०, १९३६	१५०
८५६	सेवन माईल ड्रॉ, ॲमिस	२.४	५,१४०	२,१४०	से. २६, १९३६	१५०
८५७	रेड बॅंक क्री., सॅन एँजेलो जवळ	०.७६	२,४९०	३,२८०	से. १७, १९३६	१५०
८५८						
८५९						
८६०						
८६१						
८६२						

तक्ता क्र. १–चालू

युनायटेड स्टेट्स व परदेशांतील नद्यातील असाधारण अधिकतम पूर

नोंद अनुक्रम	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र चौ. मै.	पूर से. फू.	पूर दर चौ. मै.स से. फू.	पुराची तारीख		आधार
	उटा :						
८६३	ग्रीन नदी, ब्लेक	३८,२००	६७,२००	१.७६	मे	१८९७	१२०
८६४	व्हर्जिन नदी, व्हर्जिन सिटी	१,०१०	१२,०००	११.९		१९१२	७२
८६५	वेबर नदी, ओक्ले	१६३	४,०८०	२५			६९
८६६	फार्मिग्टन केनिऑन, फार्मिग्टन	७	२,४५०	३५०	ऑगस्ट	१९२३	७४
८६७	नॉर्थ केनिऑन, सेंटरव्हिलजवळ	४	१,८००	४५०	ऑगस्ट	१९२३	७४
८६८	चायना वॉश, हरिकेन जवळ	१.१	५५०	५००	ऑगस्ट	१९१६	७४
८६९							
८७०							
८७१							
८७२							
८७३							
	व्हर्मांट :						
८७४	कॉनेक्टिकट न., व्हाईट नदी जंक्शन	४,०६८	१३६,०००	३३.४	नो. ४,	१९२७	१३६
८७५	वीनोस्की न., इसेक्स जंक्शन	१,०७०	११६,०००	१०८	नो. ४,	१९२७	१४५
८७६	व्हाईट न., वेल्ट हार्टफर्ड	६९०	१२०,०००	१७४	नो. ४,	१९२७	१३६
८७६ए	वीनुस्की न., मॉटपेलिअर	४३३	५७,०००	१३२	नो. ३,	१९२७	१३६

तक्ता क्र. १—चालू

युनायटेड स्टेट्स व देशांतील नद्यातील अधिकतम पूर

नोंद अनुक्रम	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र चौ. मै.	पूर से. फू.	पूर दर चौ. मै.स से. फू.	पुराची तारीख	आधार
८७७						
८७८						
८७९						
८८०						
८८१						
	व्हर्जीनिआ :					
८८२	जेम्स न., रिचमंड जवळ	६,७५७	१५८,०००	२३.४	मार्च १९३६	१७२
८८३	स्टाँटन न., रँडोल्फ	३,०८०	७५,०००	२४.४	डिसेंबर १९०१	१२०
८८४	डेन न., साऊथ रॉस्टन	२,७३०	८१,०००	२९.६	ऑ. १६, १९४०	१३५
८८५	न्यू नदी, रॅडफोर्ड	२,७२५	१७४,०००	६३.८	१९००	२१*a*
८८६	जेम्स न., बुचॅनन	२,०८४	९२,२००	४४.२	मार्च २७, १९१३	१७२
८८७	शेनान्डोह न., फोर्क, फ्रंट रॉयलजवळ	१,६३८	११३,०००	६९	मार्च १८, १९३६	१७२
८८८	रॅप्पाहॅनॉक, फ्रेडिक्सबर्ग जवळ	१,५९९	६६,०००	४१.३	मे १३, १९२४	१५४
८८९	जेम्स न., नॉ. फोर्क., ग्लॅस्गो	८३१	३७,२००	४४.८	१८९६	७१
८९०	रोनोके नदी, रोनोके	३८८	२८,०००	७२	ऑ. १४, १९४०	१३५
८९१	क्रेग क्री , पार	३३१	२१,५००	६५	जा २३, १९३५	१७६
८९२	पॉवेल नदी, पेनिंग्टन	३०४	२८,९००	९५.२		१४२

तक्ता क्र. १–चालू

युनायटेड स्टेट्स व परदेशांतील नद्यातील अधिकतम पूर

नोंद अनुक्रम	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र चौ. मै.	पूर से. फू.	पूर दर चौ. मै.स से. फू.	पुराची तारीख	आधार
८९३	ब्लॅक वॉटर न., युनियन हॉल जवळ	२०८	१९,७००	९५	ऑ. १४, १९४०	१३५
८९४						
८९५						
८९६						
८९७						
८९८						
	वॉशिंग्टन :					
८९९	कोलंबिआ, ग्रँडकूली	७०,०००	४९२,०००	७.०३		९५
९००	क्लार्क फोर्क, न्यू पोर्ट	२४,२००	२१७,०००	८.९८	जून १८९४	६९
९०१	याकीमा नदी, किओना	५,५२०	६३,५००	११.५	नोव्हें १९०६	७२
९०२	याकीमा नदी, यूनियन गॅप	३,५५०	६३,९००	१८.०	नोव्हें १९०६	९९
९०३	याकीमा नदी, उम्टॅनम	१,६२०	४१,०००	२५.३	नोव्हें १९०६	१७८
९०४	काउलिट्झ न., मॉसी क्री.	१,१७०	५०,९००	४३.५	नोव्हें. १९०६	७२
९०५	याकीमा न., क्ले एलम	५००	२५,६००	५१.२	नोव्हें. १९०६	१७८
९०६	क्ले एलम लेक, रॉस्लीन	२०२	१८,७००	९३	नोव्हें. १९०६	१७८
९०७	बेकर न., अँडर्सन क्री. जवळ	१८४	३६,८००	२००	डिसें. १९१७	११९
९०८	सेडर न., लँड्स्बर्ग	१३६	१३,६००	१००	नो. १९, १९११	१७८

तक्ता क्र. १—चालू

युनायटेड स्टेट्स व परदेशांतील नद्यातील असाधारण अधिकतम पूर

नोंद अनुक्रम	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र चौ. मै.	पूर से. फू.	पूर दर चौ. मै.स से. फू.	पुराची तारीख	आधार
९०९	व्यानूची न., माँटेसानोजवळ	१०५	२५,०००	२३८	फे. ११, १९२४	९९
९१०						
९११						
९१२						
९१३						
९१४						
	वेस्ट व्हर्जीनिआ :					
९१५	ओहिओ न., पार्कर्स्वर्ग	३७,९५०	६५०,०००	१७.१	मार्च ३०, १९१३	१६५
९१६	ओहिओ न., व्हीलिंग	२३,८००	५०७,०००	२१.३	फेब्रु. १८८४	९९
९१७	कनाव्हा, कनाव्हा प्रपात	८,३७६	२७०,०००	३२.२	से. १४, १८७८	१७२
९१८	पोटोमॅक न., शेफर्डस टाऊन	५,९३६	३३५,०००	५६.५	मा. १९, १९३६	१३५
९१९	शेनान्डोह न., मिलव्हिल	३,०४०	१५०,०००	४९.४	मार्च १९३६	१७२
९२०	मोनान्गाहेला न., हाऊल्ट	२,४३०	९१,५००	३८	जा. १९१९	१८७
९२१	पोटोमॅक न., द. फाटा, स्प्रिंगफील्ड जवळ	१,४७१	१४३,०००	९७.२	मार्च १९३६	१७२
९२२	चीट न., मॉर्गन्टाऊन	१,३८०	१६०,०००	११६	जुलै १८८८	१८७
९२३	ग्रीनब्रायर न., अल्डर्सन	१,३४४	६२,६००	४६.५	मार्च १९१३	६९

तक्ता क्र. १—चालू

युनायटेड स्टेट्स व परदेशांतील नद्यातील असाधारण अधिकतम पूर

नोंद अनुक्रम	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र चौ. मै.	पूर से. फू.	पूर दर चौ. मै.स से. फू.	पुराची तारीख	आधार
९२४	टायगार्ट न., फेटर्मन	१,३०४	७४,३००	५७	जुलै १९१२	१८७
९२५	बिग सँडी न., टगफोर्क, कर्मिट	१,१८५	(७०,०००)	(५९.१)	मा. २९, १९१३	१३२
९२६	एल्क न., क्वीनशोल्स	१,१४५	९१,३००	७९.७	जुलै ५, १९३२	१३२
९२७	चीट न., राऊल्सबर्ग	९७२	६५,२००	६७	फेब्रु. १९३२	१८७
९२८	मोनान्गाहेला वे. फोर्क, एंटरप्राईज	७५९	(७०,०००)	(९१.५)	जुलै १०, १८८८	१३२
९२०	चीट न., पार्सोना जवळ	७१९	८५,०००	११८	जुलै १८८८	१८७
९३०	गॉले न., समरव्हिल	६८६	९२,०००	१३४	जुलै ४, १९३२	१४४
९३१	कॅकॅपॉन न., ग्रेट कॅकॅपॉन जवळ	६७०	१०३,०००	१५४	मार्च १९३६	१७२
९३२	मिडल आयलंड क्री. लिटल	४५८	(४५,०००)	(९८.३)	ऑग. १८७५	१३२
९३३	कोल न., अॅशफर्ड	३९३	४०,७००	१०४	ऑ. ९, १९१६	१३२
९३४	पोटोमॅक न., द. फाट्याचा द. फोर्क, मूर्फील्ड जवळ	२७१	४३,०००	१५९	मार्च १९३६	९९
९३५	शेवर्स फोर्क, पार्सन्स	२३०	२५,०००	१०९	जुलै १९०७	१८७
९३६	बिगसँडी क्री., रॉकव्हिल	२००	३०,०००	१५०	जुलै १९०७	१८७
९३६ए	शेवर्स फोर्क, चीट ब्रिज	५७.५	११,०००	१९१	जुलै १८९६	१८७
९३७	एकहॉर्न क्री., कीस्टोन	४४	६०,०००	१,३६०	जून १९०१	३४

तक्ता क्र. १–चालू

युनायटेड स्टेट्स व परदेशांतील नद्यातील असाधारध अधिकतम पूर

नोंद अनुक्रम	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र चौ. मै.	पूर से. फू.	पूर दर चौ. मै.स से. फू.	पुराची तारीख	आधार
९३८						
९३९						
९४०						
९४१						
९४२						
	विस्कॉन्सिन :					
९४३	मिसिसिपी न., प्रेस्कॉट	४५,०००	१३४,०००	२.९८	ए. ३०, १८८१	१३२
९४४	विन्स्कॉन्सिन न., मस्कोडा	१० ३००	८०,८००	७.८४	से. १६, १९३८	१३२
९४५	विन्स्कॉन्सिन न., किल्पबर्न	८,०००	८०,०००	१०.०		९०
९४६	चिप्पेवा न., यू क्लेअर	६,७४०	६०,७००	९.०	जून १९०५	१
९४७	विन्स्कॉन्सिन न., नीसेडा	५,८००	९३ ४००	१६.१	जून १९०५	१२०
९४८	चिप्पेवा न., चिप्पेवा प्रपात	५,६००	७८,०००	१३.९	मार्च २७, १९२०	१३२
९४९	विन्स्कॉन्सिन न., मेरिलजवळ	२,७८०	४५,०००	१६.२	जुलै २४, १९१२	१३२
९५०	ब्लॅक न., नील्स व्हिल	६७५	२३,१००	३४.२		६९
९५१						
९५२						

तक्ता क्र. १—चालू

युनायटेड स्टेट्स व परदेशांतील नद्यातील असाधारण अधिकतम पूर

नोंद अनुक्रम	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र चौ. मैं.	पूर से. फू.	पूर दर चौ. मै.स से. फू.	पुराची तारीख	आधार
९५३						
९५४						
९५५						
	व्योमिंग :					
९५६	बिग हॉर्न न., हार्डीन	२०,७००	४०,८००	१.९७	१९०८	७२
९५७	बिग हॉर्न, थर्मोपोलिस	८,०८०	२९,८००	३.७	जुलै २४, १९२३	१२५
९५८	पावडर न., आर्वाडा	६,०५०	९५,०००	१५.७	से. १९२३	११२
९५९	साल्ट क्री., जलाशयाखाली	७९४	४८,४००	६१	से ९१२३	११२
९६०	साल्ट क्री., से. ३६, टी ४१ एन् आर ७९ डब्ल्यू	५२०	३२०,०००	६१०५	से. २७ १९२३	९६
९६१	लार्मी जलाशय निर्गमद्वार, लार्मी	७२.०	६,९८०	९७	मार्च १९१३	३८
९६२						
९६३						
९६४						
९६५						
९६६						

तक्ता क्र. १—चालू

युनायटेड स्टेट्स व परदेशातील नद्यातील असाधारण अधिकतम पूर

नोंद अनुक्रम	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र चौ. मै.	पूर से. फू.	पूर दर चौ. मै.स से. फू.	पुराची तारीख	आधार
	परदेशीय :					
९६७	अमेझॉन न., मुखाजवळ, ब्राझील	२,३६८,०००	७,११०,०००†	३.०		९६
९६८	अमेझॉन न., ओबिडो, ब्राझील	१,९४५,०००	६,८१०,०००†	३.५		९६
९६९	यांगत्सी कियांग न., चीन	१,१००,०००	३,०००,०००†	२.७३		९२
९७०	गंगा नदी, भारत	३६७,९७०	१,८००,०००	४.९		९३
९७१	इरावती नदी, भारत	१४९,८००	१,९००,०००†	१२.७		९३
९७२	ऱ्हाईन, जर्मन-डच शीव	८६,६२०	४५९,०००	५.३		१८१
९७३	ऱ्हाईन, एमेरिच, जर्मनी	६२,०००	४२५,०००	६.९		१६५
९७४	फिट्झरॉय न., ऑस्ट्रेलिया	५८,०००	६१३,०००	१०.६	फेब्रु. १८९६	८५
९७५	डॅन्युब, व्हिएन्ना, ऑस्ट्रिया	३९,४००	४९५,०००	१२.५	१५०१	१०७
९७६	कागायान न., लूसान, फिलिपाईन बेटे	४,१००	९८०,०००	२३९	डिसें. ४, १९३६	१३५
९७७	सॅन जुआन न., चायना, मेक्सिको	३,३६०	२५०,०००	७४		१३८
९७८	चॅग्रेस न., गटॅनजवळ, पनामा	१,३२०	१२४,०००	९३.९	डि. २८, १९०९	३२
९७९	मुसी न., हैद्राबाद, भारत	८६२	४२५,०००	४९३	१९०८	१०७
९८०	अर्डेके न., ऱ्होनच्या संगमाजवळ, फ्रान्स	८३१	३१८,०००†	३८२	१८२७	६३
९८१	टूब्रपूर्णी न., भ.रत	५८७	१९१,०००	३२४		१०७

तक्ता क्र. १—चालू

युनायटेड स्टेट्स व परदेशांतील नद्यातील असाधारण अधिकतम पूर

नोंद अनुक्रम	प्रवाह आणि स्थान	जल निःसारण क्षेत्र चौ. मै.	पूर से. फू.	पूर दर चौ. मै. से. फू.	पुराची तारीख	आधार
९८२	सँटा कॅटॅरिन न., मॉंटेर्सी, मेक्सिको	५४४	२३५,०००	४३२	ऑ. २७, १९०९	९१
९८३	कृष्णा नदी, भारत	३४५	११८,०००	३४३		९३
९८४	इरिट्टी नदी, भारत	३३६	१५०,०००	४४६		१०७
९८५	आर्डेके न., ऑबेनास, फ्रान्स	१७८	१२३,५००	६९४	१८९०	६३
९८६	ऑर्वा न., जलाशयाजवळ इटली	५८	८०,०००	१,३८०	ऑग. १९३५	१३०
९८७	तान्सा नदी, भारत	५२.५	३५,०००	६६७		९३
९८८	ऑर्बा न., व्हॅले ऑर्बिसेला, इटली	४२	५४,६००	१,३००	ऑग. १९३५	१२८
९८९	वॉलस, लियू जवळ, क्वाई, हवाई	२३	४५,०००	१,९५०	जाने. १९२१	७८
९९०	एल्ब न., हेडवॉडर्स, जर्मनी	२०	३५,०००	१,७५०	जुलै ९, १९२७	१६५
९९१	ऑर्बा न., मार्टिना, इटली	१८.३	३४,२००	१,८७०	ऑग. १९३५	१२८
९९२	ऑर्बिसेला न., इटली	१०	२०,१००	२,०१०	ऑग. १९३५	१२८
९९३	कानेचे, ओआहू, हवाई	५.३	११,०००	२,०७०	जाने. १९२१	७८
९९४	कौकोनाहुआ, अपरडॅम ओआहू, हवाई	४.५	७,२२०	१,६००	जाने. १९२१	७८
९९५	नूआनू, जलाशय क्र. ४, ओआहू, हवाई	१.५	२,४००	१,६००	फेब्रु. १९०७	७८
९९६	मानुआ, पू. फाटा, ओआहू, हवाई	१.१	३,०९०	२,८१०	जाने. १९२१	७८
९९७	मानुआ, प. फाटा, ओआहू, हवाई	१	३,२५०	३,२५०	जाने. १९२१	७८

प्रामाण्यसूचि

सारणी क्र. १ मध्ये निर्देशिलेले

१ ते ६५ ट्रॅन्स. अमे. सो. सि. इं. १९१४, पा. ६६२. श्रि. वा. एमिल कूचलिंग यानी सूचिबद्ध केलेली प्रामाण्ये

६६ ते १२० ट्रॅ. अमे. सो. सि. इं. १९२६, पा. १०३०, सी. एस्. जार्व्हिस यांनी सूचिबद्ध केलेली प्रामाण्ये

१२२ इं. न्यूज रेकार्ड, खंड ११५, पा. १६२

१२५ यू. एस. जिऑलॉजिकल सर्व्हे वॉटरसप्लाय पेपर ८०६

१२६ इंटर्न. बाऊंड्री कमिशन, वार्षिक अहवाल, (युनायटेड स्टेट्स व मेक्सिको)

१२८ इंज. न्यूज रेकार्ड, खंड ११७, पा. ४७४

१२९ इंज. न्यूज रेकार्ड, खंड ११७, पा. ६५५

१३० इंज. न्यूज रेकार्ड, खंड ११५, पा. ६१०

१३१ यू. एस्. जिऑलो. सर्व्हे, वॉटर सप्लाय पेपर ७४८

१३२ यू. एस. जिऑलॉ. वॉटर सप्लाय पेपर—संकीर्ण

१३३ यू. एस. जिऑलॉ. वॉटर सप्लाय पेपर—७७३ ई

१३४ पेन्सिल्वानियांतील १९३६ मार्चचे पूर, शासकीय प्रकाशन, १९३६ पूर अहवालाची सारणी

१३५ अनधिकृत अगर अप्रसिद्ध जलविज्ञानीय माहिती

१३६ जे. बॉस्टन सो. सि. इं., ऑक्टो. १९३६, पा. २९१

१३८ मेक्सिकन आयोग, सिंचाई अहवाल

१३९ इं. न्यूज. रेकॉर्ड. खंड ११७, पा. २४३

१४० अ. सि. इं. हॅंडबुक, १९३० आवृत्ति, पा. १४१८

१४१ एछ्. डॉक. क्र. १४९, ७२ वी कॉंग्रेस, १ ले अधिवेशन, पा. १९

१४२ टेनेसी जिऑलॉ. सर्व्हे बुलेटिन, ४०, १९३१

१४४ यू. एस्. जिऑलॉ. सर्व्हे वॉटरसप्लाय पेपर ७५८

१४५ यू. एस्. जिऑलॉ. सर्व्हे वॉटरसप्लाय पेपर ७५९

१४६ इं. न्यूज रेकॉर्ड, खंड ११६, पा. ८३६

१४७ यू. एस. जिऑलॉ. सर्व्हे वॉटर सप्लाय पेपर ७८३

१४८ डिपार्टमेंट, वॉटर अँड पॉवर, लॉस एँजेलिस

१४९ मिलिटरी एंजिनिअरिंग, मे—जून १९३७, पा. १६८

१५० सि. इं. जुलै १९३७, पा. ४९३
१५२ यू. एस. जिऑलॉ. सर्व्हे, वॉटर सप्लाय पेपर, ७९६B
१५३ यू. एस. जिऑलॉ. सर्व्हे, वॉटर सप्लाय पेपर, ७९८
१५४ यू. एस. जिऑलॉ. सर्व्हे, वॉटर सप्लाय पेपर, ७८१
१५५ यू. एस. जिऑलॉ. सर्व्हे, वॉटर सप्लाय पेपर, ६६२
१५६ यू. एस. जिऑलॉ. सर्व्हे, वॉटर सप्लाय पेपर, ६९७
१५७ इं. एक्पेरिमेंटल स्टेशन बुलेटिन, २९६, इलिनॉइस युनिव्हर्सिटी
१५८ जे. न्यू इंग्लंड वॉटर वर्क्स असोसिएशन, सेप्टेंबर १९३७
१६० इं. न्यूज रेकार्ड खंड ११४, पा. १७८
१६१ इं. न्यूज रेकार्ड खंड १२०, पा. २२७
१६२ इं. न्यूज रेकार्ड खंड १२०, पा. ३४९
१६४ लॉस एँजेलिस काऊंटि फ्लड कंट्रोल डिस्ट्रिक्ट
१६५ रिपोर्ट ऑन फ्लड कंट्रोल इन जर्मनी, डब्ल्यू. डब्ल्यू. वॅनॅमेकर यांचा, यू. एस्. इं .स्कूल, फोर्ट बेल्व्हॉयर व्हिए. यांनी प्रसिद्ध केलेला, फेब्रु. १ १९३८
१६६ यू. एस. जिऑलॉ. सर्व्हे वॉटरसप्लाय पेपर ७९९
१६७ यू. एस्. जिऑलॉ. सर्व्हे वॉटर सप्लाय पेपर ८०९
१६९ ट्रॅन्स अमे. जिओफि. यूनियन, जुलै १९३७, भा. २, पा. ४०९
१७० इं. न्यूज रेकार्ड, खंड ९५, पान २८०
१७१ यू. एस. जिऑलॉ. सर्व्हे वॉटरसप्लाय पेपर ८११
१७२ यू. एस. जिऑलॉ. सर्व्हे वॉटरसप्लाय पेपर ८००
१७३ यू. एस. जिऑलॉ. सर्व्हे वॉटरसप्लाय पेपर ८१३
१७४ यू. एस. जिऑलॉ. सर्व्हे वॉटरसप्लाय पेपर ७८५
१७५ यू. एस. जिऑलॉ. सर्व्हे वॉटरसप्लाय पेपर ५६१
१७६ यू. एस. जिऑलॉ. सर्व्हे वॉटरसप्लाय पेपर ७८२
१७७ यू. एस. जिऑलॉ. सर्व्हे वॉटरसप्लाय पेपर ८१४
१७८ यू. एस. जिऑलॉ. सर्व्हे वॉटरसप्लाय पेपर ८१२
१८० वेस्टर्न कन्स्ट्र. न्यूज, सेप्टेंबर १९३८, पा ३२८
१८१ मिलिटरी इंजनि., मे–जून १९३८, पा १६७
१८२ सि. इं जून १९३८, पा. ४०६
१८३ इं. न्यूज रेकार्ड, खंड १२१, पा. ४२८

१८४ जे. बॉस्टन सो. सि. इं. ऑक्टो. १९३८, पा. ४९९

१८५ टी. व्ही. ए. चा लेव्हिस्बर्गच्या जवळच्या, टेनेसी येथील १८ जून १९३९ च्या वादळावरील रिपोर्ट

१८६ यू. एस. जिऑलॉ. सर्व्हे वॉटरसप्लाय पेपर ८४२

१८७ पेन्सिल्व्हानिया नाल्यासंबंधी पूरप्रवाहाची माहिती, हायड्रोग्राफी विभाग, फॉरेस्ट आणि वॉटर डिपार्टमेंट, कॉमनवेल्थ ऑफ पेन्सिल्व्हानिया

१८८ बोर्ड ऑफ वॉटर इंजनिअर्स, ऑस्टिन, टेक्सास

१८९ नॉर्थ कॅरोलीना सि. इं., ऑगस्ट १९४१, पा. ६

१९१ यू. एस्. जिऑलॉ. सर्व्हे वॉटर सप्लाय पेपर ८७२

१९२ जलविज्ञान विषयक माहितीचा द्विवार्षिक अहवाल, लॉस एंजेलिस कौंटी फ्लडकंट्रोल डिस्ट्रिक्ट, जून ३०, १९३९

१९४ टेनेसी नदीच्या खोऱ्यातील ऑगस्ट १९४० चे पूर टी. व्ही. ए. मायनोग्राफिकल रिपोर्ट.

१९५ यू. एस्. जिऑलॉजिकल सर्व्हे प्रेस रिलीज, नोव्हें. १९४१ (प्राथमिक माहिती)

१९६ यू. एस. जिऑलॉ. सर्व्हे वॉटरसप्लाय पेपर ८४७, "सप्टेंबर १९३८ मधील नाला मापन केंद्रावरील अत्युच्च नि:सार"

१९७ यू. एस. इं. ऑफिस रेकॉर्डस (लो डॅम्समध्ये प्रसिद्ध केलेले, बाब ३७०b)

१९८ यू. एस.ए. जिऑलॉ. सर्व्हेच्या लॉस एँजालिस जिल्हा कचेरीतील अप्रसिद्ध आणि प्राथमिक अहवाल

२०० लॉस एँजेलिस आणि कौंटी फ्लड डिस्ट्रिक्ट चे जलविज्ञान स्थपती एम. एफ. बर्क यांचे "२ मार्च १९३८ चा पूर", परिशिष्ट सारणी क्र. ७

२०१ सेप्टेंबर १९३२ च्या वादळांतील टेकाचापी पूरप्रवाहावरील अहवाल, (अप्रसिद्ध), लॉस एँजेलिस कौंटी फ्लड कंट्रोल डिस्ट्रिक्ट

आढळून आले आणि मेयरनीसुद्धां पुष्कळ वेळा उल्लेख केलेल्या आपल्या मेयरच्या समीकरणामध्यें n चें मूल्य ०.५ च धरलें आहे (अ ६५ प. ३१ पान ९९४). हॅझेन यांनीं (पा. ६५, प. ३२) सरासरी पुरावर आधारलेल्या अटलांटिक सागराच्या किनाऱ्यावरील नद्यातील पुरांचे बाबतीत n चें मूल्य ०.८ धरलें आहे.

कोलोरॅडो, व्योमिंग आणि आरिझोना यातील पुरांचे अभ्यासावरून हॉनिना[२] असें आढळून आलें कीं n चें मूल्य निरनिराळ्या क्षेत्राप्रमाणें बदलत जातें आणि तें ०.३ पासून ०.६९ पर्यंत असते. त्याची सरासरी ०.४५ येते. परंतु व्यक्तिगत क्षेत्रांतील n चें मूल्य अचूकपणें निश्चित करण्याकरिता पुरेशा प्रमाणात निरीक्षण केलेलें नव्हते.

आकृति १ चें अवलोकन केल्यास असें दिसून येते की काही थोडे उल्लेखनीय पूर वगळल्यास इतरांचे बाबतीत, ज्यामुळें निःसारणक्षेत्रांच्या दर चौ. मैलातील, अधिकतम पुरांतील अंदाजी फरकाची कल्पना येईल असें अन्वालोपी वक्र आरेखित करणें शक्य आहे. अशा तऱ्हेचे रेखावक्र आ. १ मध्यें दाखविले आहे.

यावरून असे दिसते कीं n चे मूल्य स्थिर नसून त्याचे अंदाजी स्वरूप खालीलप्रमाणें आहे :—

$$n = \frac{n^1}{A^k} \qquad (३)$$

आणि अशा अन्वालोपी वक्राचे[३] समीकरण खालील स्वरूपाचे असते.

$$Q = 46CA^{(0.894A^{-0.048})} \qquad (४)$$

किंवा तत्सम $$q = 46CA^{(0.894A^{-0.048})-1} \qquad (४अ)$$

१९४० मधील नॉर्थ कॅरोलिना येथील वादळ (पूर ५५०, ५६० व ७६०)[४], १९३५ मधील टेक्सास येथील वादळ (पूर ७८०, ७८९, ८०३, ८१६) या दोन वादळामुळे आलेल्या असामान्य पूरनिःसारणाची माहिती सोडून बाकीच्या पुरांचे बाबतीत आ. १ मधील अन्वालोपी वक्र C=१०० धरून बाकी सर्व अत्युच्च पुरांच्या सामान्य लक्षणांशी जुळता असल्याचें दिसून येते. याशिवाय फिलिपाईन्स मधील (९७६) एका असाधारण पुरासंबंधी अनधिकृत माहिती उपलब्ध होती.

---

२ इं. न्यु. रेकाड. ऑगस्ट १०, १९३३, पा. १७१.

३ समीकरण ४ व ४अ ही नेहमी ज्ञात असलेल्या अर्थाने 'पुराची सूत्रे' नाहीत.

४ ०-४ चौ. मलातील दर सेकंदास ११२०० घ. फू. पूर हा आ. १ शी विसंगत आहे.

दर चौ. मैलास दर सेकंदास घनफूटात - पूर

● यु. एस. नद्यांचे पूर
▲ परदेशांतील नद्यांचे पूर
सारणी क. १ मध्ये न नोंदलेले
विचारात न घेतलेले पुरांचे अभिलेख
आंकित केलेले नाहीत
कीगरचे समीकरण
पासून
तयार केलेली वक्रे नोव्हेंबर १९४१

कीगरचे समीकरण C = १००
= ६०
= ३०

आतापर्यंत नंतर सुधारित मायर वक्रास १००%

निःसारण क्षेत्र — चौ. मैलांत

या पुरांची कारणमीमांसा करता येण्याजोगी नाहीं. या पुरांचा अंदाज युनायटेड स्टेट्सच्या भूतत्त्वीय सर्वेक्षण यंत्रणेने केला होता. आणि या लेखकाचे विनंतिवरून टेक्सासमधील या माहितीचे पुनः परिशीलन केले होते नेहमीच्या मोठ्या वादळात निर्माण हवामानाहून या दोन पुरांचे बाबतींत भिन्न हवामान असले पाहिजे आणि हे पूर अगदी वेगळ्या स्वरूपाचे असले पाहिजेत असे दिसते. अशा परिस्थितींत अन्वालोपी वक्राची सामान्य लक्षणें बाधित होत नाहींत असेंच मानावें लागेल.

समीकरण (२) व (२अ) सारख्या समीकरणात जॉर्विसनें विकसित केलेला (अ. ६५ परि. ३१ पृष्ठ ९९४) "मायर्सचा सुधारित अधिकमता" (Modified Myer's Maximum) १००% गुणांक जास्तींत जास्त वापरला जातो. आणि प्रस्तावित केलेल्या नवीन समीकरण ४ व ४अ शीं केवळ तुलना करण्याकरितां ही समीकरणें २ आणि २अ आकृति १ मध्यें दाखविली आहेत.

ज्या विभागांत पुराची अधिकतमता कमी प्रमाणांत असते अशाकरितां C = १०० शी जुळणारे अन्वालोपी वक्रांचे समीकरण अद्यापि उपलब्ध झालेले नाहीं. तरीसुद्धां सद्यःस्थितींत C = १०० पेक्षां कमी असतांना सुद्धां (४अ) हे समीकरण वापरणें सर्वांत चांगले असे वाटतें. आणि मर्यादित विभागांत आलेखित पुरांचे बाबतींत अन्वालोपी वक्र रेखाटण्याकरितां समी. ४अ चा उपयोगा करितां येईल. C च्या कोणत्याही ऐच्छिक मूल्याकरितां वक्र तयार करण्यासाठीं C = १०० च्या कोटींना (Ordinate) विशिष्ट स्थिरांकाने (Constant) ने गुणून अशातऱ्हेचे वक्र सुलभरीत्या आलेखित करतां येते.

वादळातील सरासरी पाऊस, "लॅग," आणि क्षेत्रांतील सर्वसामान्य प्रादेशिक लक्षणें यांच्या परिवर्तन नियमांचा विचार करून असें दाखवून देता येईल कीं, स. २ च्या स्वरूपापेक्षां स. ४ चे स्वरूप जास्त तर्कशुद्ध आहे. याचाच अर्थ हा कीं लेखकानें जो अभ्यास केला त्यावरून असे दिसते कीं लघुगणकीय मापनानें आलेखित केलेले असतांना लहान क्षेत्रासाठीं अन्वालोपी वक्र हे सरासरीपेक्षां अधिक सपाट व मोठ्या क्षेत्रासाठीं अधिक खडे असणें जरूर आहे.

पुराच्या अभ्यासाकरितां सारणी क्र. १ वापरतांना पहिल्या टप्प्यांत भोवतालच्या प्रदेशांतील विशिष्ट भागातील जलवायुविज्ञानात्मक अभ्यास समाविष्ट केला जातो. त्यामुळें आयोजित जलनिःसारण क्षेत्रातील लक्षणाशी या भागातील लक्षणें किती मर्यादेपर्यंत जुळती आहेत हे निश्चित करतां येते.

यानंतर या सबंध प्रदेशांतील नोंद झालेल्या पुरांचे अन्वेषण करण्यात येते. आणि ते आकृति क्र. १ च्या स्वरूपांत रेखांकित करण्यांत येते. समीकरण ४अ वरून अगर वर स्पष्ट केल्या प्रमाणें आ. १ मधील वक्र C=१०० पर्यंत कमी करून एक अन्वालोपी वक्र आरेखित करण्यांत येते. त्यावरून त्या विभागातील जास्तीत जास्त पूर येणाऱ्या नाल्यांच्या लक्षणांची कल्पना येते. मात्र तो विभाग पुरेसा व्यापक आहे, त्यात पुराचा समावेश होतो आहे आणि नाल्यातील पुराचे पुरेशा प्रमाणांत मापन केलेले आहे हे संपादित माहितीवरून दिसून येईल याची आपण खात्री करून घेतली पाहिजे. नाहीतर त्यापेक्षां मोठा विभाग विचारात घेतला पाहिजे. मग तो जास्त पूर निर्माण होणाऱ्या क्षेत्रांत सामावून जात असला तरी चालेल. अंतिम मर्यादा म्हणून आकृति १ चा वापर करता येईल.

अन्वालोपी वक्र उपलब्ध झाल्यावर, दुसऱ्या टप्प्यांत विचाराधीन नाल्यातील पूरनिर्मितीची लक्षणें त्या विभागांतील वक्रांत दिसून आलेल्या लक्षणाइतकी जास्त अगर त्यापेक्षा जास्त आहेत हें निश्चित केलें पाहिजे. जर विरुद्ध पुरावा उपलब्ध नसेल तर ती लक्षणें तत्सम लक्षणाइतकी तरी आहेत असे मानावयास हरकत नाहीं. मात्र त्यावेळी त्यापेक्षांही ती जास्त असण्याची शक्यता असते हे लक्षांत ठेवले पाहिजे. असा पुरावा उपलब्ध व्हावा म्हणून त्याच्या अभ्यासाची खालील पद्धत वापरण्यांत येते.

४. भौतिक लक्षणांची तुलना.

पूर प्रवाहाचे अन्वेषणांत पुराचे प्रमाणावर ज्यामुळें परिणाम होतो अशा भौतिक लक्षणांचे ज्ञान असले पाहिजे. विशेषतः ज्या अन्य नाल्यांतील पुरांची प्रवृत्ती माहिती आहे अशांशी तुलना करावयाची झाल्यास वरील लक्षणांच्या माहितीची विशेषच जरूरी भासते. जलविभाजकांतील क्षेत्रांत दिसणारा फरक तर सोडाच. पण दोन निरनिराळ्या नाल्यात पूर निर्माण होण्याच्या प्रवृत्तीतहि महत्त्वपूर्ण फरक असू शकतो. त्याचे कारण त्या जलविभाजकांतील लक्षणामधला फरक हेच होय. समीकरण २ व ४ मधील पूरगुणांक C चा, अशा लक्षणामधल्या फरकामुळें, उपयोग करणें आवश्यक असते. आणि हा C बऱ्याच घटकांवर अवलंबून असतो. त्यापैकी मुख्य घटक खाली दिले आहेत.

(१) वादळी पावसाची लक्षणें.

(अ) वादळांचा प्रकार.

(आ) वादळांची वैशिष्टचे (वेळेच्या प्रमाणांत वादळांच्या तीव्रीतेचें मान यांत अंतर्भूत असते.)

(इ) समुद्रसान्निध्याचा परिणाम.

(ई) मोठ्या वादळांची प्रवृत्ति.

(उ) डोंगरांच्या रांगाचा परिणाम.

(२) जलविभाजकांची संचय-क्षमता अगर जमिनीवर वा पोटांत पाणी तात्पुरते साटवून ठेवण्याचें सामर्थ्य आणि अपवाहाचे नियमन.

(अ) कृत्रिम जलाशयातील साठा.

(आ) सरोवरें आणि दलदलीच्या भागांतील साठा.

(इ) जमिनीच्या पोटातील साठा.

(ई) जमिनीवरील साठा अथवा तेथील गतिविरोध.

(उ) (नदीच्या) खोऱ्यातील साठा.

(३) निःसारण क्षेत्राचा ढाळ.

(४) निःसारण क्षेत्राचा आकार.

(५) पर्जन्यकेंद्राच्या चालू दिशिक हालचालींच्या तुलनेने होणारी नदीच्या प्रवृत्तीची दिशा.

(६) पात्रांतील अडथळयांचीं पाणी एकदम सोडण्यांची क्षमता. (या प्रकरणाच्या दुसऱ्या अनुच्छेदात वादळी पावसाची चर्चा केली आहे.)

पाण्याचें साठवण कोणत्याही प्रकारचे असो त्या पुराची अधिकतमता कमी करण्याकडेच त्याची प्रवृत्ति असते. या प्रकरणाच्या अनुच्छेद २ मध्ये वर्णिल्या-प्रमाणें कृत्रिम जलाशयाच्या पुरातील अधिकतमतेवर होणारा परिणाम ही एक स्वतंत्र समस्या आहे म्हणून तिचा विचार केला पाहिजे. सरोवरे, दलदलीच्या जागा जमिनीखालील पाण्याचा साठा, तिच्या पृष्ठभागावरील साठा, आणि खोऱ्यातील साठा यांच्या परिणामांचे, अनुभव व तारतम्य यांच्या साहाय्याने मूल्यमापन केले पाहिजे.

ज्या नद्यांतील निःसारण खोल वालुकामय भागातून होते तेथे जमिनीखाली पाणी पुष्कळ प्रमाणांत साठू शकते. म्हणून पुरांचे प्रमाण तेथे नेहमीच कमी

असते. आणि असे क्षेत्र जर मोठे असेल आणि पाणलोटाच्या वरच्या पातळी-पर्यंत पसरलेलें असेल तर तेथे पूरनिर्मितीवर बऱ्याच प्रमाणांत परिणाम होतो.

पाण्याच्या जमिनीवरील साठ्यावर तेथें असलेल्या झाडेझुडपे व वनस्पतीचे प्रकार, तेथील निःसारण क्षेत्रांचा आकार आणि उतार आणि नदीच्या तळाची आणि काठावरची वैशिष्ठ्ये यांचा परिणाम होतो. या वैशिष्ठ्यांमुळे पाण्याच्या अपवाहाचे वर्षण धरणाच्या जागेकडे जलदगतीने होते. आणि त्यामुळे नद्यांत मोठे पूर येतात. ज्यावर काहीही वनस्पती उगवलेली नाहीं अशा खडकाळ उतारावरून जलनिःसारण अतिशय जलदगतीनें होते या उलट, दाट झाडेझुडपें उगवलेल्या अगर गवताळ अशा क्षेत्रांत पाणी खाली वाहून जाण्यास परिणामकारक अडथळा येतो आणि तेथे पुराच्या तीव्रतेचे मानही कमी होते (पहा परि. ४२ अ ६५). या बाबतींत जेथें अतिशय दाट गवत व झाडेझुडपे उगवलेली असतात त्याचा पुरावर विशेष परिणाम होतो. जंगलामुळें बर्फ वितळण्याची क्रिया मंदावते. अत्यंत वर्षण होत असतांना झाडाच्या पानाना आणि फांद्याना चिकटून जमिनीच्या पृष्ठभागावर जवळ जवळ काहीही पाणी आडवले जात नाहीं. म्हणून या देशातील पुष्कळशा स्थापत्यशास्त्रज्ञांचे असे मत आहे कीं, ज्या विभागांत वननिर्मूलन झाले आहे तेथील मोठ्या झाडांची तोड झाल्यामुळें पूरप्रवृत्तीत वाढ झालेली नसून लहान लहान झुडपे आणि जमिनीवरील मृदा यांचा नाश झाल्यानें ही पूरप्रवृत्ती वाढलेली आहे.

उलटपक्षी जर्मनींत पुरांचा अभ्यास करीत असलेल्या स्थापत्यशास्त्रज्ञांच्या आयोगांनी असा निष्कर्ष काढला आहे कीं जंगलामुळें लहान आणि मध्यम प्रकारचे पुरांत[५] सौम्य होण्याकडे प्रवृत्ति निर्माण होते आणि बराच वेळ आणि सतत पडणाऱ्या पावसामुळें हा परिणाम नाहीसा होतो.

नदीचे पात्र भरण्याकरितां आणि पुरामध्यें नदींत उच्च पातळीपर्यंत जाण्या-करितां जे पाणी लागते त्या पाण्याच्या एकूण राशीला नदीच्या खोऱ्यांतील साठा असे म्हणतात. या साठ्याचा अधिकतम निःसारावर कधींकधी अतिशय परिणाम होतो. न्यूयॉर्क विभागांतील वॉटरटाऊन येथें १८६९ मध्यें, ब्लॅक नदींत आलेल्या मोठ्या पुराच्या अधिकतमतेंत, लायनफॉल्सजवळ, जरी नदी तीच होती आणि तेथें निःसारण क्षेत्र अर्ध्यापेक्षां कमी होते, तरी तुलनेनें फार

तळटीप ५ – डब्ल्यू. डब्ल्यू. वानामेकर, जर्मनींतील पूर – यू. एस. आर्मी इंजनिअरिंग स्कूल. १ फेब्रुवारी १९३८.

वाढ झाली, याचें कारण या दोन जागांतील सपाट क्षेत्रांच्या खोऱ्यातील साठा[६] हे होय.

नदीच्या खोऱ्यांत वारंवार निर्माण होणाऱ्या अडथळ्यांमुळें त्या खोऱ्यांतील साठ्यांत वाढ होण्याची प्रवृत्ती निर्माण होते.

खड्या उतारांचे क्षेत्रांत जलदगतीचा अपवाह निर्माण होतो. त्यामुळें डोंगराळ प्रदेशांतील पूर तुलनेनें तीव्र असतात.

पंख्यासारख्या पसरट उपनद्या ज्या मुख्य नदीला मिळतात आणि ज्या साधारणपणे नदीच्याच आकाराच्या असतात तेथे प्रत्येक उपनदीतील अधिकतमतेचा पूर मुख्य प्रवाहात आणि धरणांत साधारणपणे एकाच वेळीं मिळतो आणि त्यामुळें तुलनेने मोठे पूर निर्माण होतात. या उलट, जेथे मुख्य नदीचा पाणलोट तुलनेने अरुंद असतो आणि ज्या नदीच्या उपनद्यांचे आकार भिन्न असतात आणि ज्यांचा निःसार ठराविक कालांतरानें मुख्य प्रवाहास मिळतो तेथें उपनद्यांच्या क्षेत्रांतील अपवाहाचा अधिकतम भाग धरणापाशी भिन्नभिन्न वेळेला पोचतो आणि त्यामुळें, तेथें तुलनेनें लहान स्वरूपांचे पूर येतात. उपनद्या जर बऱ्याच असल्या तर त्यामुळें तीव्र स्वरुपाचा अपवाह निर्माण होतो.

अतिशय लांबीचे जलाशय निर्माण केल्यानें अपवाहाच्या वेळेत परिणामकारक घट निर्माण होते.

नदीच्या वरच्या बाजूकडे जर पावसाचे केंद्र सरकले तर कोणत्याही गृहीत बिंदूत पावसाच्या अवधीच्या पहिल्या कालातील अपवाह त्याच्या शेवटच्या कालातील अपवाहापेक्षां निराळ्या वेळी पोहोचतो. परंतु प्रवाहाच्याच वेगानें जर हा पाऊस पडू लागला तर त्या विशिष्ट बिंदूत हा सर्वच्या सर्व अपवाह एकाच वेळी पोहोचतो आणि त्यामुळें पुराची परिणामीं अधिकतमता वाढते. म्हणून जे नाले पावसाच्या केंद्राच्या हालचालीच्या दिशेशी समांतर असतात आणि उलट दिशेकडे वाहतात त्या नाल्यात येणाऱ्या पुराची शक्यता वादळाच्या दिशेने वाहणाऱ्या नाल्यांत येणाऱ्या पुरापेक्षां कमी प्रमाणांत असते.

पाणलोटांत साठलेले पाणी एकदम वाहून जाण्याची शक्ति खालील परिस्थितीवरून समजू शकते.

तळटीप ६ – कलिंग्ज आणि हॅशेर्न यांचा बॉटरटाऊनचा लायन फाल्सवरील "पूर नियंत्रणावरील अहवाल" — इंजनिअरिंग न्यूज रेकॉर्ड - भाग ८३ पान २८, न्यूयार्क डेव्हलपमेंट असोसिएशन, वॉटरटाऊन, एन. वाय., १९२८.

(१) बर्फ आणि ओंडक्यांचे अडथळे निर्माण होण्याची वारंवारता आणि व्यापकता—यामुळें पुराच्या अधिकतमतेच्या वेळी अगर तिच्या मागेपुढें साठलेलें पाणी वाहून जाण्याचा धोका निर्माण होतो.

(२) ज्या बंधाऱ्यातील उप्लवी क्षमता अपुरी आहे आणि ज्यात मोठ्या प्रमाणांत पाणी साठविले आहे आणि ज्याच्या शक्तीबद्दल साशंकता आहे अशा धरणांचे अस्तित्व—

ज्याचे प्रतिमान चित्र उत्तमप्रकारें केले आहे अशी अनेक धरणे, त्यांच्या वरच्या बाजूस अस्तित्वात असलेला सदोष बंधारा फुटल्या-मुळें, फुटली आहेत. कारण या सदोष धरणांत साठलेल्या पाण्याचा साठा एकदम वाहून पाण्याच्या अपवाहात मोठ्या प्रमाणांत वृद्धि होते.

(३) बुडलेल्या पुलाला अडून राहिलेला गाळ व इतर माल तात्पुरता अंशतः तुंबून राहणें आणि नंतर पूल ढासळून आणीबाणीच्या वेळीं सांचलेले पाणी वाहून जाणें.

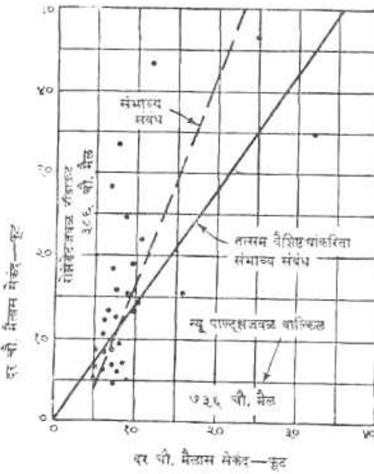
(४) बर्फाच्या स्वरूपात पाण्याचा साठा निर्माण होणें आणि तेथील तप-मान वाढल्यावेळी तेथें अत्युच्च पावसाचे वर्षण होणें.

पहिल्या तीन बाबी पुराच्या सैद्धांतिक अभ्यासात अनिश्चित स्वरूपाच्या असतात. पण जर त्यामुळें धोका निर्माण होत असेल तर, एकंदर पुराचा अंदाज करतांना परिगणित केलेल्या पुरांत अशा परिणामीं पुराची वाढ करावी लागेल.

बर्फ वितळल्यानें पूरावर अतिशय परिणाम होतो. कांही पुरांचे बाबतींत नोंद केलेला जास्तीत जास्त मोठा प्रस्त्राव संपूर्णपणें हे बर्फ वितळल्याने आलेला आहे. म्हणून ज्या समपरिस्थितीत जलनिःसारण क्षेत्रावर बर्फाचे आच्छादन असते तेथें, असा बर्फ नसतो तेथल्यापेक्षां जास्त प्रमाणांत पूर येण्याची शक्यता असते. अ. ४० मध्यें वितळणाऱ्या बर्फापासून होणाऱ्या परिणामांचा उहापोह केला आहे.

सामान्यतः जलविभाजन क्षेत्र, पाऊस पडण्याचे आणि बर्फ वितळण्याचे जास्तीत जास्त प्रमाण आणि त्याचा कालावधि, तेथील भूमीच्या उताराची तीव्रता व भूप्रदेशाची रचना, निःसारणक्षेत्राचा ढाळ, उपनद्यांची रचना, आणि

तेथील वनस्पतींचे गुणधर्म यांचा क्रमशः नाल्यांतील पूर प्रवृत्तीवर जास्तीत जास्त परिणाम होण्याची शक्यता असते.



आ. २. वॉलकिल नदी आणि राँडॉउट खाडीतील पूर प्रवाहाची तुलना

दोन लगतच्या पूरप्रवाहातील पूरलक्षणांची तुलना आ. २ मध्यें दाखविल्याप्रमाणें करण्यांत आली आहे. आ. २ मध्यें लगतच्या जल विभागांतील वॉलकिल नदी आणि राँडॉउट खाडींत एकाच वेळीं आलेल्या पुरांच्या परस्परसंबंधांचे दिग्दर्शन केलें आहे. समीकरण ४ वरून वॉलकिल नदीच्या जल-विभाजकांत ७३६ चौ. मैलांत दर चौ. मैलांस राँडॉउटच्या ३८६ चौ. मैल जलविभागांतील पुराच्या ७१ टक्के पुराचा अपवाह समान परिस्थितीत सामान्यपणें निर्माण व्हावा असे दिसते. हा सैद्धांतिक संबंध आ. २ मध्यें पूर्ण रेषेंत दाखविला आहे. प्रत्यक्षांत मात्र पुराचे, आलेखन केलेल्या तुटक रेषेनें दाखविल्याप्रमाणें, संभाव्य संबंध असावेत असें दिसून येते आणि त्याप्रमाणें राँडॉउट खाडींत वॉलकिलपेक्षां जास्त प्रमाणांत पूर प्रवृत्ति असावी असे दिसून येते. वॉलकिलचा जलविभाजक जास्त सपाट आहे आणि तेथें दलदलीचे भाग जास्त आहेत. वॉलकिलमधील लहान पूर मात्र राँडॉउटपेक्षां तुलनेनें जास्त आहे. कारण राँडाऊटच्या जरा वरच्या बाजूस एक लहान कृत्रिम जलाशय आहे आणि त्यामुळें लहान पुरांची तीव्रता कमी झाली आहे. मात्र तो कृत्रिम जलाशय फारच लहान असल्यानें मोठ्या पुरांच्या बाबतींत त्याच्या अस्तित्वाचा फारसा परिणाम झालेला नाही.

जेव्हां एखाद्या नाल्यावरील अपवाहाची तुलनेनें फार थोड्या वर्षांची माहिती उपलब्ध असते पण शेजारच्या नाल्यावरील बऱ्याच वर्षांची अशी माहिती उपलब्ध असते, तेव्हां त्या नाल्यावरील पूरप्रवृत्तीची अंदाजी माहिती प्राप्त करून घेण्याकरितां, अशा सारखें संबंध हें एक उपयुक्त साधन मिळते.

जेव्हा एखाद्या नाल्यांतील पुरांची माहिती उपलब्ध नसते तेंव्हां, आस-पासच्या नाल्यातील पूर प्रवृत्ती निश्चित करणें जरूरीचे होते आणि त्यांचे

निष्कर्ष विचाराधिन नाल्याला तारतम्यानें लागू करावे लागतात. अशा वेळीं शक्य असल्यास, ज्या बाबींमुळें पुरांच्या अपवाहावर परिणाम होतो अशा बाबी मात्र विचारांत घेतल्या पाहिजेत.

जेथें पुरेशी माहिती आणि वेळ उपलब्ध असतो तेथें या प्रकारच्या अपवाहाचा संयुक्तिक अभ्यास करतां येतो. मात्र त्यांत भिन्नत्वाच्या बाबी फार प्रमाणांत नसल्या पाहिजेत. कॉनेक्टिकट् नदीतील[७] पुरांचे बाबतींत अशा तऱ्हेचा अभ्यास जी. टी. मॅकार्थी यांनी केला होता. त्या संबंधांत एका बाजूस पुराची लक्षणें म्हणजे अधिकतम प्रस्त्रावाचे प्रमाण, पुराचा अवधि, आणि अधिकतम पूर येण्याची वेळ आणि दुसऱ्या बाजूस भूरचनेची लक्षणें म्हणजे क्षेत्र--उतार, आणि नाल्याचें स्वरूप यांच्या बाबतींत आत्यंतिक अन्योन्यसंबंध दिसून आला.

या ठिकाणी उल्लेखिलेली पूरप्रवाहावर परिणाम करणारी इतर लक्षणें त्या अभ्यासांत प्रविष्ट केलेली नव्हती हे लक्षांत ठेवले पाहिजे. कदाचित् कॉनेक्टिकट नदीच्या जलविभाजकांत ती लक्षणें साधारणपणें एकरूप असावीत.

५. पुरांच्या वारंवारतेचा अभ्यास.

ज्या पुरांचे परिणाम दिलेले आहेत अशा पुरांची वारंवारता संभाव्यता-नियमांच्या साहाय्यानें गणितीय पद्धतीनें निश्चित करतां येईल, मात्र नदीच्या ज्या निःसारणाच्या माहितीवरून हा अभ्यास केला जाईल ती माहिती तेथील सर्वसामान्य परिस्थितीशीं तंतोतंत जुळणारी असली पाहिजे.

अ. ६ मध्यें असे दाखविण्यांत येईल कीं, थोड्या नाल्यांचे बाबतींत विशेषतः लहान नाल्यावर, जेथे पुरेशा दीर्घकालपर्यंतची अशी माहिती उपलब्ध असते तेथें त्या माहितीवरून सर्वसाधारण परिस्थितीचे दिग्दर्शन होऊ शकते. मात्र अशी माहिती १०० वर्षांपेक्षां जास्त कालावधितील पुराची वारंवारता निश्चित करण्यास निरुपयोगी ठरते. म्हणून १०००-अगर-१०००० वर्षांच्या निकर्षावर उप्लव बांधाचे संकल्पचित्र तयार करण्यासाठीं, अन्य पूरक माहिती उपलब्ध नसेल तर, अशी संभाव्यता-पद्धति उपयोगांत आणणें अत्यंत धोक्याचें असते. शिवाय आतां ही पद्धति सर्वसंमत

तळटीप ७ - कॉनेक्टिकट नदीच्या सर्वेक्षणाच्या अहवालाचे परिशिष्ठ १. एच. डॉक नंबर ४५५, ७५ व्या कॉंग्रेसचे दुसरे अधिवेशन.

मानली जात नाहीं. परंतु, जर या पद्धतींत सुधारणा[८] केली तर खाली महत्त्वाच्या बाबतींत तिचा उपयोग होतो, म्हणून तिचें विवेचन करण्यात येणार आहे.

(१) अ. ७ मध्यें विश्लेषण केल्याप्रमाणें विचरण–गुणांकांची तुलना.

(२) लघु–वारंवारतेच्या बाबतींत विशेष अभ्यास––जसें कुंडन बांधा-वरुन पाणी वाहून जाण्याच्या शक्यतेसंबंधी अगर पुरामुळें किरकोळ मालमत्तेच्या होणाऱ्या नुकसानींची वारंवारता.

(३) काटकसरीच्या भूमिकेंतून पूर–रक्षणाचे समर्थन.

या पद्धतींत खालील टप्पे असतात.

(१) वारंवारतेच्या संभाव्यतेच्या वक्राच्या रुपांत, अस्तित्वांत असलेल्या पुराच्या माहितीचे आलेखन. (आकृति ३ प्रमाणें).

(२) या वक्राचे वेळेचें "I" या अंतराशी केलेले बहिर्वेशन माहितीच्या कालापेक्षां जास्त असते. उदा. आकृति ३ मध्यें ७५००० से. फू. पूर. I हा सरासरीनें ३०० वर्षांतून एकदा येईल अशी अपेक्षा आहे.

पुराच्या वारंवारतेच्या अभ्यासाकरितां जे संभाव्यतेचे नियम वापरण्यांत येतात ते खालील दोन पद्धतींपैकी एका पद्धतीनें तयार करण्यांत येतात.

(अ) मूलगामी टप्प्याची पद्धति–– नोंद वेळेतील दिलेल्या मूलगामी टप्प्यापेक्षां वृद्धी पावलेल्या पुरांचा विचार.

(आ) वार्षिक पूर पद्धति —नोंदीतील प्रत्येक वर्षातील फक्त कमाल पुराचाच वापर.

तळटीप ८ – संपूर्ण वर्णनाकरतां डब्ल्यू. पी. क्रीगर, जॉन बायली आणि सन्स यांच्या "इंजनिअरिंग फॉर मेसनरी डॅम्स" ची या खडानें अधिक्रमित केलेली दुसरी आवृत्ति.

फ्रीगरनें (परि. ३९, अ. ६५) १९२६ मध्यें या मूलगामी टप्प्याच्या पद्धतीचे प्रतिपादन केले आहे. कारण जरी तींत अनेक प्रकारच्या बाबी अंतर्भूत असल्या तरीही ती पद्धति ज्यास्त बिनचूक असते. त्या दोन्हीं पद्धतींतील परिमाणात मात्र फारसा फरक पडत नाहीं. विस्तारित बहिर्वेशनाकरितां वापरण्यात येणाऱ्या संभाव्यता–वक्रांत चुका असल्याचें अलिकडे उपलब्ध आलेल्या माहितीवरून दिसून आल्यामुळें या पुस्तकांत वार्षिक पूर पद्धतीच वापरण्यांत आली आहे.

१९१६ ते १९३७ मधील हॉकिंग नदींतील निःसारणाच्या माहितीवर आधारलेल्या २४ तासाच्या पुराच्या अधिकतेच्या संभाव्य वारंवारतेच्या अंदाजाचे खाली वर्णन केले आहे आणि सारणी क्र. २ मध्यें तत्संबंधी माहिती दिली आहे.

अत्युच्च २४ तासाच्या पुराच्या अधिकतमतेची सरासरी 'Q' ची ३ ऱ्या स्तंभांत त्याच्या आकारानुरूप नोंद केली आहे. प्रत्येक पूर किती वेळा सारखाच अगर जास्त होता ती संख्या, n, चौथ्या स्तंभांत दाखविली आहे.

संभाव्यता नियमाप्रमाणें गृहीत निःसारण Q इतका अगर जास्त पूर शेंकडा किती वर्षांत येणें संभाव्य आहे हें खालील समीकरणावरून काढता येते.

$$p = \frac{100n}{y} \qquad (५)^{९}$$

येथे—— p= भविष्य काळात येणाऱ्या निःसारण Q इतक्या अगर जास्त पुराच्या संभाव्यतेची टक्केवारी.

n= स्तंभ २ मध्यें दाखविल्याप्रमाणें उपलब्ध माहितीप्रमाणें Q इतका अगर जास्त पूर किती वर्षांत आला त्या वर्षांची संख्या

y= ज्या वर्षांची माहिती उपलब्ध आहे अशा वर्षांची एकूण संख्या (या उदाहरणांत ही संख्या २२ आहे.)

तळटीप ९ – सर्वसामान्यपणें $p = \frac{100\ (n\text{-}05)}{y}$ [५ अ]

हे समीकरण वापरण्यांत येते. परंतु लेखकाचे त्याच्या सैद्धांतिक उपपत्तीबद्दल कधीही पूर्णपणे समाधान झालेले नाही आणि म्हणून पुराच्या संबंधांत नेमस्तपणाची जरुरी असल्याने पुराची जास्त वारंवारता देणाऱ्या समीकरण ५ चे तो समर्थन करतो.

तक्ता क्र. २.

ओहिओ संस्थानातील, अथेन्स येथें, हॉकिंग नदीवर १९१६–३७ या काळांत आलेल्या पुरांची, संभाव्यता-आलेखनाकरिता, केलेली परिगणता.

१	२	३	४	५	६	७	८	९
वर्ष	२४ तासांतील कमाल सरासरी वार्षिक अधिकतम Q (से. फू.)	स्तंभ २ प्रमाणेंच, पण आकारा प्रमाणें रचना केलेले	काळांच्या संख्या n, अधिकतमा सारखाच होता अगर त्यापेक्षा जास्त	वर्षांची टक्केवारी p	भविष्य काळातील पुराची वारंवारता I (वर्षे)	सरासरी पुराच्या स्वरुपांत स्तंभ ३	सरासरी V पासून विचरण	V^2
१९१६	१०,०००	६,२००	२२	१००.०	१.००	०.४३६	−०.५६४	०.३१८
१९१७	९,९६०	६,७००	२१	९५.३	१.०५	०.४७१	−०.५२९	०.२८०
१९१८	१२,८००	६,८००	२०	९०.८	१.१०	०.४७९	−०.५२१	०.२७१
१९१९	१६,१००	९,९६०	१९	८६.३	१.१६	०.७०१	−०.२९९	०.०८९
१९२०	१६,५००	१०,०००	१८	८१.७	१.२२	०.७०४	−०.२९६	०.०८८
१९२१	२४,०००	१०,१००	१७	७७.२	१.२९	०.७१०	−०.२९०	०.०८४
१९२२	२८,७००	१०,३००	१६	७२.७	१.३७	०.७२४	−०.२७६	०.०७६
१९२३	१०,३००	११,२००	१५	६८.१	१.४७	०.७८७	−०.२१३	०.०४५
१९२४	१४,६००	११,३००	१४	६३.६	१.५७	०.७९४	−०.२०६	०.०४२
१९२५	६,७००	११,७००	१३	५९.०	१.६९	०.८२२	−०.१७८	०.०३२
१९२६	११,२००	११,९००	१२	५४.५	१.८३	०.८३७	−०.१६३	०.०२७
१९२७	१४,०००	१२,८००	११	५०.०	२.००	०.९००	−०.१००	०.०१०
१९२८	१३,७००	१३,७००	१०	४५.४	२.२०	०.९६३	−०.०३७	०.००१
१९२९	११,३००	१४,०००	९	४०.९	२.४४	०.९८४	−०.०१६	०.०००
१९३०	११,७००	१४,६००	८	३६.३	२.७५	१.०२६	+०.०२६	०.००१
१९३१	१०,०००	१६,१००	७	३१.८	३.१४	१.१३१	+०.१३१	०.०१७
१९३२	६,२००	१६,५००	६	२७.३	३.६७	१.१६०	+०.१६०	०.०२६
१९३३	१८,२००	१७,०००	५	२२.७	४.४०	१.१९५	+०.१९५	०.०३८
१९३४	६,८००	१८,२००	४	१८.२	५.५०	१.२७९	+०.२७९	०.०७८
१९३५	१७,०००	२४,०००	३	१३.६	७.३३	१.६८७	+०.६८७	०.४७२
१९३६	११,९००	२८,७००	२	९.१	११.००	२.०१७	+१.०१७	१.०३४
१९३७	३०,९००	३०,९००	१	४.५	२२.००	२.१७२	+१.१७२	१.३७४
		३१२,६६०						४.४०३

पुराची सरासरी= $\frac{३१२,६६०}{२२}$=१४,२०० ΣV^2=४.४०३ CV= $\sqrt{\frac{४.४०३}{२१}}$ = ०.४५७

या समीकरणावरून पांचव्या स्तंभातील p चे मूल्य मिळते. त्यावरून असें दिसते की, भविष्यकाळांत ४½ टक्के वर्षांत ३०९०० से.फू. इतका अगर त्यापेक्षा जास्त पूर येण्याची शक्यता आहे.

अधिकतम निःसाराचे स्तंभ १ मधील मूल्य (या उदाहरणांत २४ तासात वहाणारा सरासरी प्रवाह धरण्यात आला आहे). हे 'कोटी'' बिंदु आणि स्तंभ तीन मधील टक्केवारी ही "भुज" (Abscissae) धरून संभाव्यता[१०] आलेखावर त्यांचे आलेखन केले आहे. या आलेखन केलेल्या बिंदुतून जाणारा वक्र, पुराचे बहिर्वेशन मूल्य Q मिळण्याकरितां, पुढें लांबविला तर त्यावरून भविष्यकाळांत सरासरी p टक्के वर्षांत हा पूर Q इतका किंवा त्याहून जास्त होईल अगर कसे हे समजून येईल. या उदाहरणावरून २४ तासांतील ५३००० से.फू. पूर भविष्यकाळांत १ टक्के वर्षांत तितकाच अगर त्यापेक्षा जास्त येईल. अशी शक्यता दिसून येते. समीकरण १ वरून पुराची अंदाजी क्षणिक अधिकतमता प्राप्त करतां येईल.

गृहीत पूर Q च्या इतका अगर त्यापेक्षां जास्त पुरांतील वर्षांचे अंतर

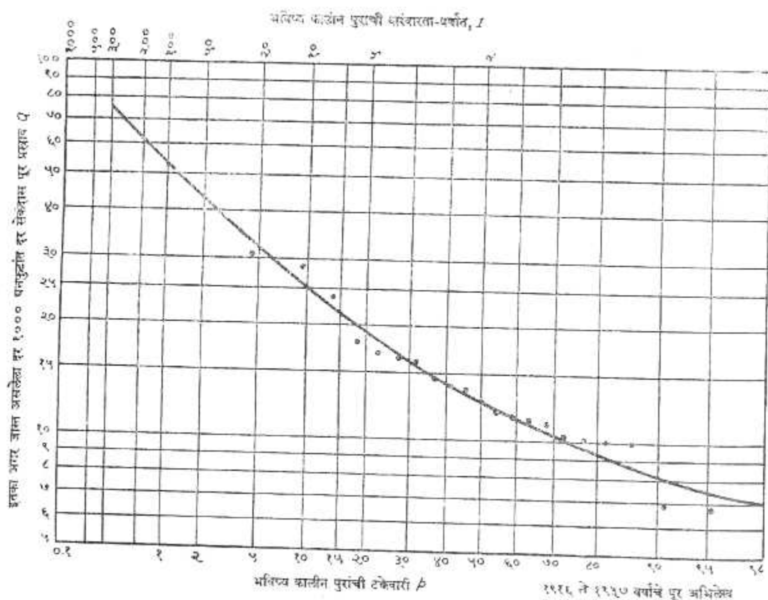
$$I = \frac{100}{p} \qquad (६)$$

आकृति ३ च्या वरील बाजूचे प्रमाण आलेखित करण्याकरिता हे समीकरण वापरण्यांत आले आहे आणि सारणी २ मधील ६ व्या स्तंभातील मूल्याच्या संगणनाकरिताहि त्याचा वापर केलेला आहे. या उदाहरणावरून १०० वर्षांतून एकदा सरासरीनें ५३००० से.फू. इतका अगर जास्त पूर येण्याची संभवता दिसून येते.

आलेखित केलेल्या बिंदूतून व त्यांच्या पलिकडून जाणाऱ्या संभाव्य वक्राचे रेखाचित्रण गणितीय पद्धतीनें करता येणे शक्य आहे व तसें ते पूर्वी केले गेले आहे. आणि यात पिअर्सन यांच्या आणि इतर फलनांचा अंतर्भाव आहे. (प. ३२, अ. ६५). हल्ली अशीं विचारसरणी आहे कीं डोळयांनी पाहून

तळटिप १० – ज्यास्तीत जास्त सरळवक्र ज्या आसांनीं मिळेल असे गणितीय अगर लघुगणकीय आस (ordinates) वापरून कोडेक्स बुक कंपनी, नॉरवुड, मॅसॅच्युसेट्स, यांनीं संभाव्यतेवर एक लेख प्रसिद्ध केला आहे. हा लेख प्रथम अॅलन हॅझेन यांनीं तयार केला होता व तो ट्रॅन्स. अमे. सो. सि. इं. च्या १९१४ डिसेंबर महिन्याच्या अंकांत पान १०३९ वर दिला आहे.

वक्र आलेखित करतांना संभाव्य पद्धतींच्या अचूकतेच्या मर्यादा उल्लंघन करू नयेत. विचरण–गुणांक अगर संभाव्यता–वक्राची तीव्रता एका क्षेत्रांतील पूरोत्पादनाच्या लक्षणांशी दुसऱ्या क्षेत्रांतील तशाच लक्षणांची तुलना करण्याचें साधन म्हणून उपयोगी पडते. याबद्दल अ. ७ मध्यें खुलासा केला आहे.



आ. ३. ओहायओ संस्थानातील, अन्थेन्स येथील हॉकिंग नदीवरील संभाव्य वक्र.

विचरण–गुणांक खालील प्रमाणें[११] प्राप्त करण्यांत यावा —

सारणी २ चा उपयोग करून स्तंभ ३ मधील आंकड्यांच्या बेरजेला, माहित असलेल्या y या वर्षांच्या संख्येने भागावे म्हणजे सरासरी पुराचा आकडा किंवा १४२०० से.फू. मिळतो. स्तंभ ७ मध्यें स्तंभ ३ मधील पूर सरासरी पुराच्या स्वरूपांत दाखविले आहेत. स्तंभ ८ मध्यें स्तंभ ७ चे सरासरीपासून विचरण V, स्तंभ ७ मधून १ हा आंकडा वजा करून, प्राप्त केले आहे.

विचरण गुणांक CV खालील समीकरणावरून प्राप्त केला आहे.

तळटीप ११ – अल्डेन फॉस्टर यांचे "सैद्धांतिक क्षमता वक्र व त्यांचा अभियांत्रिकी समस्या करतां वापर" - ट्रँ अमे. सो. सि. इं. १९२४.

$$CV = \sqrt{\frac{\Sigma V^2}{y-1}} = \sqrt{\frac{४.४०३}{२२ - १}} = ०.४५७$$

येथें ΣV^2 ही ९व्या स्तंभातील आंकड्यांची बेरीज आहे.

६. पुराच्या बारंवारतेच्या अभ्यासातील अंगभूत दोष

पुरांच्या अभ्यासाकरितां संभाव्यतेची उपपत्ति १९१४च्या सुमारास लागू करण्यांत आली. बऱ्याच मोठ्याकाळातील गृहीत पूर किती बारंवारतेने येण्याची शक्यता आहे हें जाणून घेण्याकरितां नाल्यांतील गतकालातील माहितीवरून वक्र तयार करण्यात आले. कांहीं वेळां वीस वर्षापेक्षां जास्त कालावधीची माहिती उपलब्ध नव्हती आणि क्वचितच ती ३० अगर ४० वर्षापेक्षां ज्यास्त कालाकरिता मिळू शकली. अशा परिस्थितितही १०००, ५०००, १०००० वर्षांच्या काला-वधींत एकदा येणाऱ्या पुरांचा अंदाज घेण्याकरितां या संभाव्यता वक्रांचे बहिर्वेशन करण्यांत आले आणि स्थापत्य शास्त्रज्ञांच्या अनुमानानुसार उत्प्लव बांधाच्या अभिकल्पनक्षमतेकरितां त्यांतील १०००, ५००० किंवा १०००० वर्षांच्यापुरांची निवड करण्यांत आली.

पुराचा अंदाज समजण्याकरितां या पद्धतीबद्दल इतकी आस्था वाटत आहे कीं पिअर्सनची आणि इतर फलनें वापरून अशा बहिर्वेशनाची नक्की पद्धत निर्धारित करावी म्हणून तांत्रिक प्रकाशनांतून अनेक लेख प्रसिद्ध झाले. या लेखकानेही या पद्धतीवरील प्रकरणे आपल्या दोन पुस्तकांत समाविष्ट केली होती. इतर पुस्तकांतही या पुस्तकाचे वर्णन करण्यांत आले होते. स्वर्गीय ॲलन हॅझेन यांनी तर या विषयावर एक संपूर्ण पुस्तक लिहिले आहे.

हल्ली मात्र प्रगत अभ्यासाने आणि उपलब्ध झालेल्या माहितीवरून बऱ्याच मोठ्या प्रमाणांत ही संभाव्यता पद्धति निखालस अपूर्ण आहे असे सिद्ध झाले आहे. पुरासंबंधी मागील बऱ्याच वर्षांच्या माहितीवरून आणि अगदी अलि-कडील प्रत्यक्ष पुरांच्या मापनाने निर्णायिकपणें असे सिद्ध झाले आहे कीं, क्वचित उद्भवणारी विशिष्ट वर्गाची वादळें निर्माण होण्याचे कारण त्यावेळीं असलेले अनेक हवाविषयक अवस्थांचे संयोगीकरण हें असले पाहिजे. आणि

त्यामुळेच एखाद्या नदीवरील अशा परिस्थितींत निर्माण होणाऱ्या परिणामी पुरांच्या माहितीची नोंद प्रसिद्ध झालेल्या पत्रकांत क्वचितच दिली गेली आहे.

ही वादळे व त्यातून निर्माण होणारे पूर हे साधारण पुराहून वेगळ्या वर्गात बसत असावेत आणि स्वतःच्या अशा कांहीं विशिष्ट नियमांप्रमाणें येत असावेत. नदीवरील पुष्कळ वर्षांच्या पुराच्या संभाव्यतेच्या अभ्यासावर आधारलेल्या पुरांची वारंवारता नेहमी वापरण्यांत येणाऱ्या १००० ते १०,००० वर्षांच्या वारंवारते इतकी नसते. कदाचित् ती दशलक्ष अगर कोटी वर्षांतील एका वारंवारतेइतकीही असू शकते.

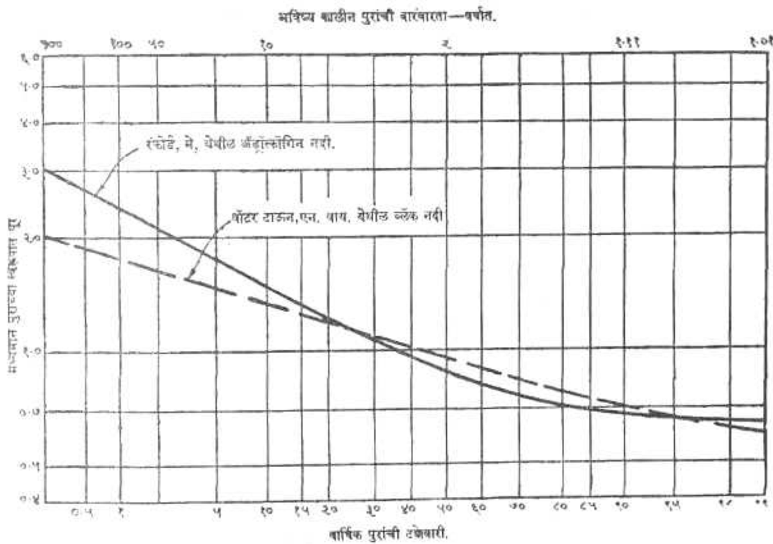
हॅझेन यांनी हे पुरांचे वैशिष्टय मान्य केले आहे. (अ. ६५, सं. ३२ पा. ५३, ८७) परंतु अशी माहिती बरोबर आहे अगर कसें हें पाहण्याच्या साधनाच्या अभावी त्यांनी आपल्या पुराविषयीच्या विश्लेषणांत या शक्यतेकडे दुर्लक्ष केले आहे. अशा परिस्थितींत एखादी नेमस्त पद्धतच वापरणें जरूर असते असे त्यांचे मत होते. परंतु, नंतरच्या काळांत ही घटना इतक्या वेळां पुनः पुनः घडून आली कीं, त्यामुळें ती संभाव्य असते असे मानण्याऐवजी ती जवळजवळ निश्चित स्वरूपाची आहे असे मानणें भाग पडले.

अलिकडील बऱ्याच उदाहरणांपैकी एक म्हणून नेब्रास्कामधील रिपब्लिकन नदींतील १९३५च्या पुरानें उदाहरण देता येईल. तेथील पूर्वीच्या ३९ वर्षांच्या माहितीवरून असें दिसून आले कीं, त्या कालावधीत आलेल्या पुरापेक्षां १९३५ चा पूर १० पट मोठा होता. अशा वादळाची शक्यता संभाव्यता पद्धतीनें कधीहि समजून आली नसती. तथापि ऋतु-अनुमान विषयक आधुनिक पद्धतीनें मात्र अशी शक्यता सुस्पष्टपणें कळून आली असती. म्हणून अ. ५ मध्यें उल्लेखिल्याप्रमाणें जेथे लहान पुरांच्या वारंवारतेचा अभ्यास करावयाचा आहे अशा विशिष्ट बाबी सोडून इतरांच्या अभ्यासांत ही संभाव्यता पद्धति वापरण्याचे सोडून देण्यांत आले आहे.

७. विचरण गुणांकांची तुलना.

पुराचे अनेक उच्चांक गाठणाऱ्या नाल्याच्या पूर निर्माण करण्याच्या लक्षणांशी इतर नाल्यांतील लक्षणांची तुलना करण्यांस अ. ५ मध्यें वर्णन केलेल्या पूर संभाव्यता सिद्धांतांतील एका भागाचा, विचरण गुणांकाचा, मदत म्हणून उपयोग करून घ्यावा. परंतु अशा अभ्यासांत, अ. ६ मध्यें नमूद केलेल्या

विशिष्ट प्रकारच्या पुरांचा अगर त्यांच्या रूपरेषांचा समावेश करण्यांत येऊ नये. कारण अशातऱ्हेचा पूर एका नदींत येईल पण दुसरींत येणार नाहीं.



आकृति ४.

आ. ४ मध्यें अँड्रास्कोगिन व ब्लॅक नदीतील पुरांचे संभाव्य वक्र आलेखित केले आहेत. परंतु, सारणी २ मधील स्तंभ ३ प्रमाणें कोटी म्हणून प्रत्यक्ष Q न वापरता स्तंभ ७ प्रमाणें सरासरी पूर त्या Q च्या जागीं वापरण्यांत आले होते. इतर माहिती सारणी ३ मध्यें दिली आहे.

सारणी ३.

दोन नद्यांच्या संभाव्य वक्रांची तुलना.

	अँड्रॉस्कोगिन	ब्लॅक रिव्हर
निःसारण क्षेत्र चौ. मैल.	२०९०	१८७०
सरासरी वार्षिक पूर से. फू.	२३३६६	२१९६०
सरासरी पुरांचा गुणांक C (समिकरण ४ प्रमाणें)	४.९	४.८
विचरण गुणांक (अ. ५)	०.३८०	०.२५९

जरी या दोन नद्यांचे (निःसारण) क्षेत्र जवळजवळ सारखे असले व सरासरी पुराचा गुणांकही सारखाच असला तरी आ. ४ प्रमाणें अँड्रॉस्कोगिन नदीवर जास्त प्रमाणांत अपसरण होते आणि तिचा विचरण गुणांक पुरांची लक्षणें जास्त असल्याचे दाखवितो असे दिसून येते.

८. गतकाळांतील पुरांची भौतिक लक्षणें.

बऱ्याच कालावधीतील संघीय आणि राज्यांच्या शासकीय कागदपत्रावरून अनेक[१२] नाल्यांच्या पुरांची अधिकृत माहिती उपलब्ध होऊ शकते. अशी माहिती कारखान्यांच्या चालकांकडून आणि नगरपालिकांच्या अधिकाऱ्याकडूनही पुष्कळ-वेळां मिळू शकते. असें असले तरी सर्वसाधारणपणें, अशा उच्च पुरांची पातळी ही निरीक्षण करून तेथील रहिवाशांच्या पूर्वापार माहितीवरून आणि नदीच्या दोन्हीं काठावरील प्रत्यक्ष खुणावरूनच निश्चित केली पाहिजे. मात्र अशा निरीक्षण केलेल्या आणि रहिवाशांनी दिलेल्या पूर्वापार माहितीचा सावध-गिरीनें विचार केला पाहिजे. अशिक्षित निरीक्षकांची व्यक्तिगत माहिती चुकीची असण्याची शक्यता असते आणि आश्चर्य हे कीं, तिचा खरेपणा पुष्कळवेळां शंकास्पद असतो. कारण कांहीं वर्गात आपल्या शेजाऱ्यानें दिलेल्या माहिती-पेक्षां पुराचे पाणी जास्त वर चढल्यानें ते खरे नसतानाही अनेकदां सांगण्याची इच्छा होते; असे दिसून येते. दुर्दैवानें आपले हित साधण्याकरितां जास्त किंवा कमी पूर आला अशी समजूत व्हावी अशा भावनेनेही ही माहिती दिली जाते. परंतु, बरीच निरीक्षणें जेव्हां एकमेकांशी तंतोतंत जुळतात आणि जेव्हां त्याकरिता विशिष्ट वस्तूंचा—उदा. दरवाजाचा उंबरठा, खिडकी किंवा मुद्दाम ठोकलेले खिळे यांचा—पुरावाही दिलेला असतो तेंव्हा अशा निरीक्षणावर विश्वास ठेवणें योग्य होते.

काठावर पडलेली झाडेझुडपें, ओंडके, जलोढ द्रव्यें किंवा तरंगत्या ओंडक्यांचें काठावरील ओरखडे, मोठी झाडे आणि इतर कोणत्याही पाण्याच्या उच्च पातळीच्या खुणेवरून (पुरातील पाण्याच्या) ऊंचीची खात्री करून घेणें उपयुक्त असते. ज्या नदीतील जलोढ खोरे पुरातून वाहून आलेल्या द्रव्यांचे बनलेले असते तेथे अर्थातच पाण्याची उच्च पातळी त्या गाळाच्या पृष्ठाच्या पातळीपेक्षां नेहमी जास्त ऊंच असते.

तळटीप १२ – यू. एस. भूविज्ञान सर्वेक्षण, यू. एस. हवाविषयक केंद्र. इंजिनिअर डिपार्टमेंट, यू. एस. आर्मी वगैरे.

अशा रितीने पाण्याच्या पातळीची जास्तीत जास्त ऊंची निश्चित केल्या-नंतर त्यामुळें होणाऱ्या निःसारणाचा अंदाज काढण्यकरितां चार पद्धती उपलब्ध आहेत. (अ. ६५, प. ३३ ही पहावा).

(१) ज्या वेळी अशी पाण्याची उच्च पातळी निर्माण झाली होती त्यावेळीं धरणाचे माथ्यावर पाण्याची किती ऊंची होती याची माहिती मिळविणें आणि त्या माहितीवरून सुप्रसिद्ध अशा बांध प्रस्त्रावाच्या सूत्रांपैकी[१३] एकाचे सहाय्यानें त्या बांधकामावरून वहाणाऱ्या प्रस्त्रावाचे संगणन करणें.

(२) कांही असाधारण धरणांत, जेथे पुलाच्या अंत्याधारांतील संकुचित वाटेतून[१४] वहाणाऱ्या प्रवाहाच्या शीर्ष हानीचे निरिक्षण केलेले आहे तेथे अशा वाटेतून होणाऱ्या अपेक्षित शिर्षाच्या हानीवरून अंदाजी प्रस्त्रावाचे संगणन करणें.

(३) नदीवर, जर बऱ्याच लांबवर सारख्या आकाराचा काटछेद आणि उतार उपलब्ध असेल तर खुल्या नाल्यांतील प्रवाहासंबंधीचे कूटरचे सूत्र वापरून तेथील जल प्रस्त्रावाचा अंदाज बांधणें. विशेषतः त्या नाल्यांतील रुक्षता गुणांक निश्चित करण्याकरितां लहान लहान पुरांचे मापन प्रवाहगति मापकानें जर अचूकपणे केलेले असेल तर हें सहज शक्य होते.

(४) पाण्याच्या पातळीच्या ऊंचीइतके[१५] कवलन वक्राचें प्रक्षेपण करुन प्रस्त्रावाचा अंदाज घेणें.

परंतु ही पद्धत तदनुरूप पुराचे ढोबळ निर्देशनाकरितांच उपयुक्त होतें. जर नदीचा काटछेद विशेष नियमित असेल आणि जर रेखाटीकरितां उपयोगांत आणलेली प्रस्त्रावाची मापे, मोठ्या प्रमाणांत आलेले पूर त्यांत समाविष्ट होऊ शकतील अशा पल्ल्याची असतील तर त्याचा बराच उपयोग होतो.

प्रस्त्राव निश्चित करतांना बाब ३ मध्यें नमूद केल्यप्रमाणें जर उतार–क्षेत्रफळ पद्धती वापरावयाची असेल तर तीन महत्वाच्या अनश्चिततांचा विचार करावा लागेल ——

तळटीप १३ – पहा आर इ. हॉर्टन यांचा यू. एस. भूविज्ञान सर्वेषणांतील पाणीपुरवठ्या-संबंधीचा लेख क्र. २००.

१४ – मियामी संरक्षण विभागाच्या मुख्य अभियंत्याचा अहवाल — खंड १ पान ६३ मार्च १९१६.

१५ – प्रस्त्रावाच्या मापनाने दर्शविलेली मापनपट्टीची उंची व प्रस्त्राव यांचा संबंध कवलन वक्रावरून दिसून येतो.

(अ) पूर वाढत असतांना नदीच्या तळात होणारे क्षरण आणि पूर ओसरत असताना व नंतर तळात होणारे पुनर्भरण.

(ब) मापनाकरिता उपयोगांत आणलेल्या नदीच्या क्षेत्रांच्या लांबीतील पाण्याची पातळी वाढण्याचें भिन्नभिन्न प्रमाण.

(क) कुटरच्या गुणांक n ची आवड.

(अ) सपाट जलोढ द्रव्याचे थर असलेल्या भागातून गाळ वाहून नेणाऱ्या नदीच्या तळात बऱ्याच प्रमाणांत क्षरण होण्याची शक्यता असते. कारण, पूर आल्यावेळीं प्रवाहाचा वेग फार असतो. आणि पूर हटल्यावर तेथे पुनर्भरण होते. याकरितां उतार–क्षेत्रफळ–पद्धतीनें अचूकपणें मापन करतांना काटछेदाची माहिती असणें आवश्यक असते. निदान कांहीं ठिकाणी तरी ज्यावेळी पूर अत्युच्च पातळी गाठतो त्यावेळीं नदीतील खोलीचे थोडया जागी मापन करणें इष्ट असते. कांही बाबतींत पूर येऊन गेल्यानंतर घेतलेल्या काटछेदाची मापें उपयोगी पडत नाहींत.

कधी कधी वेधने घेऊन दिसून येणाऱ्या स्थिर द्रव्यांचे थर अगर ज्या मूळ अन्य थरांचे, भूशास्त्रज्ञ पुरातन असे वर्गिकरण करणें शक्य आहे, अशा थरांवरून अलीकडच्या पुरांत घडलेले अधिकाधिक संभाव्य क्षरण दिसून येईल. अन्य ठिकाणीं ज्या पुलांचे खांबाना, पायाला स्थूणा वापरलेल्या नसतांनासुद्धां पुरांत कांहीं धोका पोहोचलेला नाही अशा खांबांच्या पायातील पातळीवरूनही जास्तीत जास्त किती क्षरण झालेले असेल हें समजू शकेल.

(ब) पूर वाढत असतांना पाण्याचा उतार, पाण्याची पातळी जेव्हां जास्तीत जास्त ऊंच असतो अगर जेव्हां पूर ओसरू लागतो तेव्हाच्या उतारापेक्षां तीव्र असतो. म्हणून जेव्हा पाण्याची पातळी अत्युच्च असते तेंव्हां जास्तीत जास्त प्रस्त्राव निर्माण होईलच असे नाहीं. सर वुइल्यम वुइलकॉक्स[१६] यांच्या मते टाइग्रिस नदीवर खालील प्रमाणें प्रस्त्राव होतो.

तळटीप १६ – इज. रेकॉर्ड, जुलै ४, १९१४, पान १६.

पाणी चढत असतांना मापकावरची १५ फूट ऊंची—
१८०,००० से.फू.

पाणी अत्युच्च पातळीवर असतांना मापकावरची २० फूट ऊंची—
१२०,००० से.फू.

पाणी उतरत असतांना मापकावरची १५ फूट ऊंची—
९०,००० से.फू.

हें बहुधा आत्यंतिक परिस्थितीचे उदाहरण आहे. मिसिसीपी–नदी–आयोगाच्या नजरेसही अशा प्रकारची उदाहरणें आली आहेत.

(क) मोठ्या पुरांत कुटर्स n च्या मूल्याचे उत्तम निर्देशन उतार क्षेत्रफळ मापन, दुसऱ्या पद्धतीनें केलेल्या लहान पुरांच्या नंतरच्या मापनाच्या संयोगानें प्राप्त करतां येते.

नैसर्गिक नालीतील n चे मूल्य साधारणपणें ०.०२५ ते ०.०३५ च्या दरम्यान असते, परंतु पूर कांहीवेळां अगदी भिन्न तऱ्हेच्या परिसरांत वहातो. आणि तेथे जर पृष्ठतल बराच खडबडीत असला आणि क्वचित तेथें झाडी असली तर अशा पृष्ठतलाच्या n चें मूल्य पुष्कळदां ०.०४० ते ०.०६० आणि कधीकधी ०.१०० पेक्षाही जास्त असू शकते.

सि. इ. रॅम्सर यांच्या "फ्लो ऑफ वॉटर इन ड्रेनेज चॅनेल्स, यू. एस. डिपार्टमेंट, ॲग्रि", बुले. १२९, नोव्हे. १९२९ या प्रसिद्धी पत्रकांत निरनिराळ्या प्रकारच्या नद्यांची चित्रें दिली आहेत आणि n च्या मूल्यासंबंधी शिफारसही केली आहे. कुटर्स फॉर्म्युला "कोएफिशंटस्" हा आर. इ. हॉर्टन यांनी इंज. न्यूज, फेब्रु. २४, १९१६, पा. ३७३ यात प्रसिद्ध केलेला लेखही वाचावा.

९. पूरसूत्रें.

अत्युच्च पूर-प्रस्रावासंबंधी वापरण्यात येणाऱ्या सूत्रात पुराच्या अपवाहास बाध येणाऱ्या अनेक गोष्टी कारणीभूत होतात. परंतु, त्यापैकी फारच थोड्यांचा विचार केला जातो. त्यामुळें अशी सूत्रें तेवढ्या मर्यादेपुरतीच अनुभवाधिष्टित असतात. शेफर्डनी[१७] असें दाखवून दिले आहे कीं पुराच्या विस्ताराशी संबंधित अशा बाबी २३ पेक्षां कमी नव्हत्या.

तळटीप १७ – नाल्यांतील प्रवाहाचा अंदाज करण्याची नवीन पद्धति— हेफोर्ड आणि फोल्स. कार्नेजी इन्स्टिटयूट, वॉशिंग्टन प्रसिद्धीपत्रक क्र. ४००, १९२९.

बऱ्याच सूत्रात, सूत्र वापरणाऱ्याच्या तारतम्यावरुन केलेल्या अनुमानावर आधारलेला गुणांक संनिवेशित केलेला असतो, किंवा त्याच्या मर्यादा काहीशा विस्तारित स्वरूपाच्या असतात. काही (गुणांक) ज्या प्रदेशात त्यांचे शोधन केले त्या प्रदेशालाच लागू पडतात.

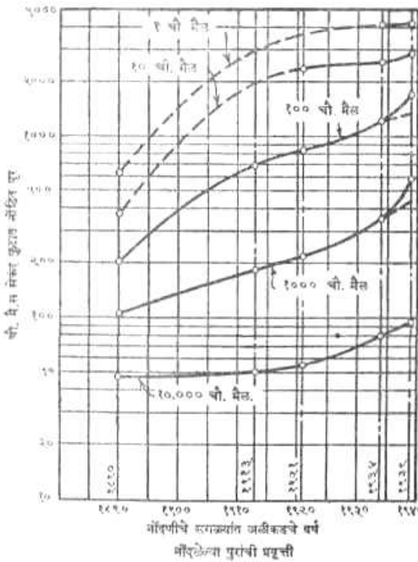
काही प्रसिद्धीपत्रकांतील पूरप्रवाहाच्या सूत्रास लागू पडणारे स्थिरांक तक्त्याच्या स्वरूपात दिलेले असतात. त्यांचा उद्देश संपूर्ण युनायटेड स्टेट्समधील त्यांचे विचरण माहीत व्हावें हा असतो. असे तक्ते वापरतांना हे लक्षात ठेवले पाहिजे कीं ज्या क्षेत्रांत विचरण तक्त्यावर दाखविणे शक्य नसते अशा क्षेत्रात त्या स्थिरांकात अतिशय फरक पडतो.

त्याच निःसारणक्षेत्रात निरनिराळीं सूत्रें वापरल्याने त्यावरून काढलेल्या निष्कर्षातही फार मोठ्या प्रमाणांत फरक पडतो. जी निरनिराळी पूरसूत्रें वापरण्यात येतात अशा सूत्रांचें वर्णन आणि विश्लेषण अ. ६५ च्या २६ व्या परिच्छेदात केलें आहे. मात्र त्यात वर्णिलेल्या निरनिराळ्या सूत्रांच्या तुलनात्मक अचूकतेबद्दल काहीही शिफारसी केलेल्या नाहींत. उलटपक्षीं लेखात असें म्हटलें आहे कीं असें सामान्य-सूत्र, पुराच्या तर्कशुद्ध पद्धतीनें मिळविलेल्या अगर प्रत्यक्ष निरीक्षण केलेल्या माहितीच्या ऐवजीं तात्पुरता पर्याय म्हणून मानण्यात यावे. वरील कारणामुळें या उहापोहात पूरसूत्रांचा अंतर्भाव केलेला नाहीं. मागील समीकरणें ४ आणि ४अ यांचा उद्देश, क्षेत्रफळांतील केवळ फरकाची माहिती उपलब्ध व्हावी हा आहे, प्रत्यक्ष प्रस्राव किती आहे हा नव्हे. कारण गृहीत विभागाकरितां C चें मूल्य किती असावें याचें या सूत्रात निर्देशन केलेलें नाहीं.

१०. भविष्यकाळातील संभाव्य अधिकतमपूर.

एखाद्या विशिष्ट जागीं किती अधिकतम प्रस्राव होईल याचा अंदाज घेण्याकरिता दिलेल्या विभागांतील त्या नदींतील पुरासंबंधी नोंदलेल्या अत्युच्च पुरांच्या माहितीचा उपयोग करतांना हें लक्षात ठेवले पाहिजे कीं जे काही पूर्वी घडले त्यापेक्षां त्यांत भविष्यकालात खात्रीनें वाढ होते. आणि या कारणासाठी अशा अंदाजात कांहीशी गुंजाइश ठेवली पाहिजे. या बाबतींत निश्चित अशा शिफारशी मात्र करता येत नाहींत. कारण अशा मतांत बराच महत्त्वपूर्ण फरक पडण्याची शक्यता असते.

या विषयावरील जास्त खुलासेवार विवेचन अ. ६५ च्या प. ३८ मध्यें वाचकांना वाचावयास मिळेल. आणि आकृति ५ ही त्यावरूनच घेतली आहे.



आ. ५. अत्युच्च पुरांची प्रवृत्ती.

आकृति ५ मध्यें निरनिराळ्या अनेक वर्षापूर्वीच्या व युनायटेड स्टेट्समध्ये नोंद केलेल्या अत्युच्च पुराची अंदाजी विशालता दाखविण्यात आली आहे. कालाच्या ओघांत, जसजशी अधिक माहिती उपलब्ध होत जाते, तसतसे दिसून येते कीं कोणत्याही आकाराच्या निःसारण क्षेत्रांतील मोठ्या पुरात होणारी वाढ चालूच असते. उदा. १८९० सालीं १०० चौ. मैलांतील अत्युच्च ज्ञात पुराचे परिमाण दर चौरस मैलास २०० से. फूट होते. तेंच १९३९ सालीं १९०० से. फूट म्हणजे ८$\frac{3}{4}$ पट वाढले. सर्वोच्च वादळांचे आलेखन केल्यावरही हेंच वैशिष्ट्य दिसून येईल अशी अपेक्षा आहे.

२. पुरांचे जलालेख[१८]

(गेल ए. हॅथवे व ए. एल्. कॉक्रॅन यांनीं लिहिलेला.)[१९]

अ मूलभूत द्रवचलित विश्लेषण.

११. सामान्य विवेचन.

धरणाच्या उत्प्लव बांधाच्या क्षमतेचे संकल्पचित्र निश्चित करण्याकरित अथव

तळटीप १८ – ११ ते १४ अनुच्छेद लिहिताना लेखकांनीं जी माहिती वापरली त्यांच्या निश्चित मूळस्थानासंबंधीची पोच देण्याचा प्रयत्न करण्यांत आला आहे. या सरळ सरळ निर्देशाशिवाय ज्यांनीं जलगतिविषयक संगणन, पद्धति व विश्लेषण या संबंधीच्या पद्धतीत प्रगती केली व येथें सुचविलेल्या कार्यपद्धतीत विविध प्रमाणांत सुधारणा करून ज्यांचा समावेश केला आहे अशा यु.एस. अभियांत्रिकी खात्याच्या अनेक जिल्हा आणि विभागीय कार्यालयांना विशेष श्रेय देणे अगत्याचे आहे.

तळटीप १९ – गेल. ए. हॅथावे. सि. इं सभासद, अ. सो. सि. इं. मुख्य अभियंता, वॉशिंग्टन डी. सी. येथील यु. एस. आर्मीच्या मुख्य अभियंत्याची कचेरी.

ए. एल. कोचरन सि. इं., असोसिएट मेंबर, अ. सो. सि. इं., अभियंता, वॉशिंग्टन डी. सी. येथील यु. एस. आर्मीच्या मुख्य अभियंत्याची कचेरी.

ज्या द्रव्यचलित बांधकामात ती पडू नयेत म्हणून अत्यंत मोठ्या प्रमाणात सुरक्षितता ठेवणें बंधनकारक असते अशा कामात अपवाहाचे केंद्रीकरण आणि त्याचे संभाव्य किंवा अत्युच्य सीमित राशीचे निरूपण करण्याकरिता गृहीत जलालेखांचे प्राकलन करावें लागते. त्याची कार्यपद्धति काय असावी हे सुचविणें हा या चर्चेचा प्रमुख उद्देश आहे.

नैसर्गिक नि:सारक खोऱ्यांची लक्षणें आणि अपवाहावर परिणाम करणारे हवामानविषयक प्रवाह हे अत्यंत गुंतागुंतीचे आणि अस्थिर असतात. केवळ यांत्रिकी पद्धतीनें संगणनाने त्यांचे बिनचूक मूल्यमापन करणें अशक्य असते. जरी अपवाहाच्या लक्षणांचे शास्त्रीय पद्धतीचें विश्लेषण अचूक करणें शक्य असले तरीही त्यासंबंधींची मूलभूत माहिती त्रोटक असल्यामुळें सामान्यत: अशा तऱ्हेच्या अभ्यासाची शक्यता विचारात घेता येत नाही.

परिवाहांच्या प्रमाणांचा आणि त्याच्या विश्वसनीयता व राशींचा अंदाज, मिळविलेल्या माहितीचा अर्थाविष्कार करण्याकरिता लागणाऱ्या निर्णयशक्तीच्या भक्कपणावर जितका अवलंबून असतो तितकाच तो वापरण्यात आलेल्या संगणनपद्धतीतील तपशीलावरही अवलंबून असतो.

विशिष्ट खोऱ्यातील अपवाहावर प्रभाव पडणाऱ्या वैशिष्टयांचा आणि हवामानाच्या प्रभांवांचा सखोल अभ्यास करणें हा निर्णयशक्तीचा आवश्यक पाया आहे.

विशिष्ट परिस्थितींत अपवाह दाखविण्याकरितां योजलेल्या गृहीत जलालेखांच्या अचूकता आणि नोंद केलेल्या जलारेखांच्या तर्कसंगत विश्लेषणाची विश्वसनीयता अपवाहांच्या खालील बाबींच्या प्रधान प्रभावाचे मूल्यमापन करण्याच्या क्षमतेवर अवलंबून असते.

पर्जन्यमान——

(अ) तीव्रता, अवधि, अनुक्रम.

(ब) अनुवर्ती कालांतरातील हवेतील वितरण.

अंत:सरण——

(अ) प्रारंभिक हानी किंवा अपवाह बऱ्याच प्रमाणात सुरू होण्यापूर्वीची हानी.

(ब) सरासरीची किमान क्षमता किंवा कांहीं बाबतींत परिसरांतील आर्द्रतेच्या अवस्थांचा क्षमतेशी संबंध ––

अपवाहाचे क्षेत्र––

(अ) खोऱ्याचा आकार आणि उपनद्यांची रचना यांचे परिणाम.

(ब) नैसर्गिक साठ्यांचे परिणाम :––

(१) उपनद्यातील, सरोवरातील, दलदलीच्या जागावरील इ.
(२) प्रमुख नाल्यांतील आणि खोऱ्यातील.

(क) कृत्रिम बांधकामाचे परिणाम :––

(१) जलाशय.
(२) नाल्यातील सुधारणा.
(३) जमिनीच्या वापराच्या पद्धति.

(ड) उतारांचे परिणाम :––

(१) प्रमुख नाल्यांच्या खोऱ्यांत आणि पूरक्षेत्रात.
(२) प्रमुख अपवाह नाल्यांच्या उपनि:सारण क्षेत्रांत.

(इ) जमिनीवरील आवरणांचे परिणाम :––

(१) जंगल क्षेत्रें,
(२) लागवडीखालील क्षेत्रें.
(३) गायरानें आणि पडित जमिनी.

(फ) अपवाह लागतो त्याला लागणाऱ्या अपवाहाच्या नाल्यातील धारणेच्या टप्प्यांतून जाण्याकरिता जो प्रत्यक्ष कालावधीतील जमिनीवरील नाल्यात पाणी झिरपून जावे म्हणून लागणारी जमिनीखालील पृष्ठभागाची क्षमता.

(ब) पर्जन्यांचे विश्लेषण

१२ सामूहिक पर्जन्य वक्र.

नदीच्या खोऱ्यातील निरनिराळ्या ठिकाणच्या पावसाची तीव्रता आणि कालक्रम यांचा अंदाज घेण्याच्या सर्वांत सोयीस्कर पद्धतीमध्यें आ. ७ मध्ये

दाखविल्याप्रमाणें सामूहिक पर्जन्यवक्र तयार करावे लागतात. पावसाची तीव्रता आणि कालमान यांतील अंतरासंबंधी उपलब्ध असलेली संकीर्ण माहिती एकत्रित करून त्यावरून काढलेल्या निष्कर्षांची नोंद करण्याचे सामूहिक वक्र हें एक प्रमुख साधन असते.

असे वक्र तयार करण्याकरिता पुढीलप्रमाणें सामान्यतः नित्यक्रम अवलंबिला जातो :—

(अ) आकृति ६ प्रमाणें एकूण वादळाचा, प्राथमिक, समवृष्टिरेखा-नकाशा तयार करण्यात येतो. याकरिता पावसाचे सामान्य स्वरूपाचे वर्णन करण्यासाठीं प्रकाशित केलेल्या जलवर्षणाच्या माहितीचा उपयोग करण्यात येतो. जर अशा वादळात दोन अगर जास्त अशा पावसांचे कालावधी असण्याची सुस्पष्ट चिन्हें दिसून आलीं तर अशा प्रत्येक प्रमुख पावसांच्या कालांतराकरितां स्वतंत्र समवृष्टि नकाशे तयार करण्यात येतात.

(ब) वादळाच्या क्षेत्रांतील पावसाच्या तीव्रतेच्या वाढत्या फरकाचा अभ्यास करणें सोयीचें व्हावें आणि जलवर्षण केंद्राची नोंद करता यावी म्हणून संमिश्र कागदावर सामुदायिक वक्र आलेखित केले जातात. प्रमुख पर्जन्य विभागाच्या सर्वात जवळच्या नोंदणी केंद्राच्या सामूहिक वक्रा-वरून, विशिष्ट प्रकारच्या वादळाची तीव्रता दिसून येते. आणि त्यावरून ज्या मधल्या केंद्रात जलवर्षणाची नोंद झालेली नाहीं अशा केंद्राकरितां सामूहिक पर्जन्य-वक्रांचे अंतर्वेशन करण्यास मदत होते.

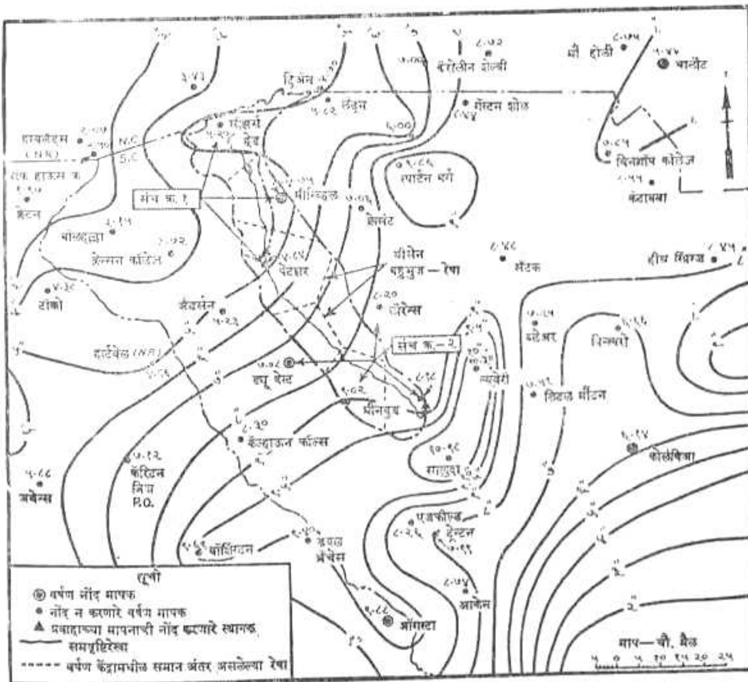
(क) ज्या जलवर्षण केंद्रात पावसाची नोंद होत नाहीं तेथें पावसाची सुरवात आणि शेवट, ढगाळ हवा, वाऱ्याची दिशा व गति, आणि इतर उपयुक्त माहितीच्या निरीक्षकांच्या मूळ कागदपत्रावरून, सोयीस्कर नमुन्यात प्रतिलेखन करण्यात येते. यू. एस. हवामान खात्याकडून प्रसिद्ध झालेल्या पत्रकात अशा तऱ्हेची काही माहिती उपलब्ध आहे. परंतु, महत्त्वपूर्ण अभ्यासात वरील प्रसिद्धीपत्रकांना खालील संदर्भाची जोड द्यावी लागते.

(१) वॉशिंग्टन डी. सी. येथील केंद्रीय हवामानखात्याच्या निरीक्षकांची आणि युनायटेड स्टेट्समधील निरनिराळ्या पुष्कळ शहरांत प्रस्थापित केलेल्या आणि हवामान खात्याच्या हवामानशास्त्रीय विभागकेंद्रांतील प्रसिद्ध झालेलीं मूळ टाचणें.

(२) प्रसिद्ध केलेली व अप्रसिद्ध असलेली राज्य, नगरपालिका आणि इतर सार्वजनिक पाणीपुरवठा आणि सुरक्षा-संस्थात उपलब्ध असलेली माहिती.

(३) जलविद्युत्, पाणीपुरवठा वगैरे योजनाशी संबंध असलेल्या खाजगी संस्थाकडील कागदपत्रे.

(४) स्थानिक वर्तमानपत्रें आणि वादळी परिसरांतील रहिवाशानी संपादित केलेल्या माहितीची कागदपत्रें.

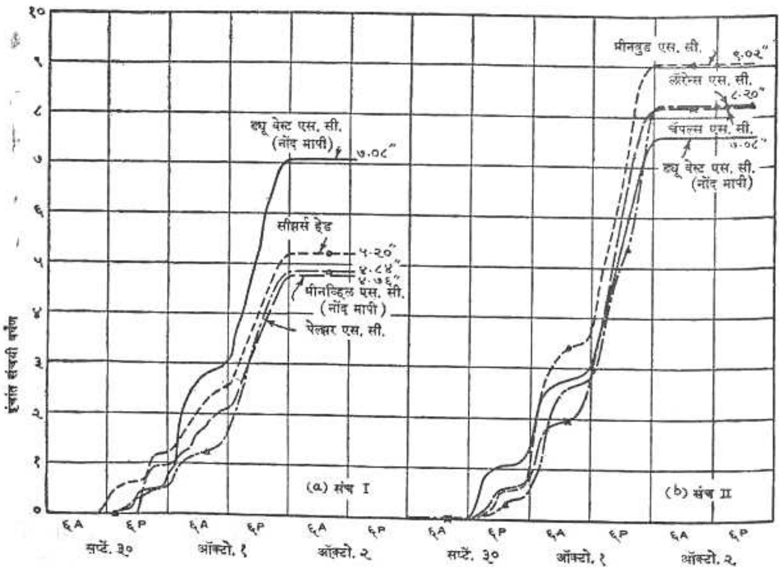


आ. ६. चॅपेल्स एस. सी. च्या वरच्या बाजूच्या फालुदा नदीच्या खोऱ्याचा समवृष्टिनकाशा, सप्टें. ३० ते ऑक्टो. २, १९२०.

(ड) साधारणपणें समान भू-रचना असलेल्या विभागातील आणि जेथें वादळात समान हवामान परिस्थिति असते अशा लागून असलेल्या ४ अगर ६ केंद्रांचा एक समूह निवडण्यात येतो. अशा प्रत्येक केंद्राकरितां नोंद केलेल्या एकामागून एक येणाऱ्या कालखंडातील

एकंदर पाऊस एका पारदर्शी कागदावर आलेखित करण्यात येतो. या पारदर्शी कागदामुळें या आलेखाची दुसऱ्या कागदावर आलेखित केलेल्या वक्रांच्या समूहांशीं तुलना करता येते. पहिल्या समूहाच्या भोवतालच्या दुसऱ्या समूहाकरिताही असेच आलेखन करण्यात येते.

(इ) निश्चित केलेल्या स्थळांमधील वक्रांचे प्रक्षेपण करून सामूहिक पर्जन्यवक्र अशा तऱ्हेनें पूर्ण केले जातात कीं मे हवामानशास्त्रीय विश्लेषणानें निश्चित केलेल्या शेजारच्या केंद्रातील दर्शनी आणि संचयी क्रियांतर्गत पावसाच्या अवधीशी योग्य प्रकारें सुसूत्रता दाखवितात. तसेच विशिष्ट बाबीसंबंधी जी अधिक माहिती उपलब्ध असेल त्या माहितीशी हे वक्र योग्य सुसूत्रता दर्शवितात. अर्थातच अशी माहिती संपूर्णपणें क्वचितच सुसूत्र असते. म्हणून जसजशी यासंबंधीच्या अभ्यासात प्रगति होत जाते तसतसे अत्यंत तर्कशुद्ध असे अर्थाविष्कार निश्चित केले पाहिजेत.



आ. ७. ३० सप्टें. ते २ ऑक्टो. १९२९ या कालावधीची सामूहिक पर्जन्य वक्रे.

१३. समवृष्टि लेखाचित्र.

सरासरी पर्जन्य व अतिरिक्त पर्जन्यमान अथवा वादळांच्या काळांतील एकामागून एक येणाऱ्या त्याच्या काल–एकांकातील व विशिष्ट क्षेत्रांतील पर्जन्यराशी दाखविणाऱ्या आलेखनास "समावृष्टिलेखाचित्रें" असें म्हणतात. पूर जलालेखांच्या विश्लेषणाकरिता या लेखाचित्रांचा वापर करणें सोयीचें असते. यांची उदाहरणें आ. ८, ९, १७ यांत दिली आहेत.

(क) अन्त:सरण

१४. सामान्य निरूपण.

एखाद्या ठराविक प्रकारच्या मातींत जर खूप पाऊस सतत पडला तर त्या मातीची पाऊस जिरविण्याची क्षमता, झिरवण्याचें काही निश्चित असें किमान प्रमाण प्रस्थापित होईतों वेगानें कमी होत जाते. हा काल सामान्यत: काही तासांचाच असतो असें दाखविणत आले आहे. (अ. ६५, प. १, २, ४, आणि ५ पहा.) झिरपण्याची क्षमता कमी होण्याचा क्रम आणि किमान प्रमाण, वातन क्षेत्रांतील मातीतील छिद्रांचा आकार आणि त्या क्षेत्रांतील केशाकर्षित पाण्याच्या निष्कासनाच्या परिणामानें प्रभावित होणाऱ्या परिस्थितीवर, मुख्यत: अवलंबून असते.

अनुमानधक्क्यानें, झिरपण्याच्या या सिद्धान्ताचा दमट क्षेत्रांतील खूप पावसापासून भूपृष्ठावर अपवाह किती होईल याचा अंदाज घेण्याकरितां एक व्यावहारिक साधन म्हणून उपयोग करता येतो. मात्र नैसर्गिक नि:सारण खोऱ्यांत ही पद्धत वापरतांना पुढील गोष्टीं विचारांत घेतल्या पाहिजेत :—

(अ) पावसाच्या कालात विविक्षित मातींतील सुरवातीच्या झिरपण क्षमतेचा त्या क्षेत्रातील आधीचा ओलावा आणि त्या मातीची भौतिक अवस्था यांच्याशी संबंध असतो. म्हणून एकाच प्रकारच्या मातीतील झिरपण-क्षमता बऱ्याच प्रमाणांत भिन्न भिन्न असू शकते.

(ब) पावसाच्या प्रारंभी मातींतील झिरपण-क्षमता साधारणत: जास्तीत जास्त असते आणि पुष्कळ वेळा पावसाची सुरवात तुलनेनें सौम्य प्रमाणांत होते. म्हणून अस्तित्वात असलेल्या झिरपण-क्षमतेपेक्षां पावसाची तीव्रता वाढण्यास बराच कालावधी लागतो. प्रत्यक्षांत यासंबंधीच्या

आ. ८. चॅपेल्स एस. सी. जवळच्या साल्युदा नदीचा जलालेख.

अभ्यासावरून असें दिसून आले आहे कीं अपवाह सुरू होण्यापूर्वी क्षेत्रातील, ओलाव्यातील कमीपणा जाण्यासाठीं, प्रत्यक्षात झिरपणानें (पावसाच्या) पाण्याचा बऱ्याच प्रमाणात ऱ्हास होण्याची आवश्यकता असते. अशा झिरपणाच्या ऱ्हासाचे प्रमाण (जागेवरील) आधीच्या परिस्थितीवर अवलंबून असते.

झिरपण सिद्धांताचा व्यवहारात उपयोग करताना, सौम्य प्रमाणात पावसाच्या तीव्रतेपासून निर्माण होणाऱ्या अपवाहांचा अंदाज काढण्या करितां निरनिराळ्या जागावरील आधींच्या ओलाव्याच्या परिस्थितीचा विचार करून त्यामुळें होणाऱ्या 'सुरवातीच्या ऱ्हासाकरितां' काही गुंजाइश ठेवलेली असते.

(क) झिरपण्याच्या क्षमतेपेक्षां जास्त प्रमाणात वर्षण होणाऱ्या संपूर्ण कालावधींत तुलनेंनें मोठ्या आकाराचे निःसारण खोरे पावसानें संपूर्ण भिजत नाही. म्हणून अशा मोठ्या क्षेत्रात झिरपण्यासंबंधीचा सिद्धान्त सयुक्तिकपणें जर लागू करावयाचा असेल तर प्रवाही अपवाह निर्माण करणाऱ्या पावसानें किती क्षेत्र व्यापलें आहे याचा निदान अंदाज घेण्याकरितां तरी त्या खोऱ्यांतील वेगवेगळ्या भागात पडणाऱ्या पावसाचा विचार करणें आवश्यक असते.

(ड) पूर निर्माण करणाऱ्या वादळाच्या काळांत निःसारण खोऱ्यातील निरनिराळ्या विभागात पडणारा पाऊस जवळजवळ खंडित स्वरूपाचा असतो. अशा तऱ्हेच्या वर्षणातील खंडामुळें झिरपण्याच्या सिद्धान्ता-प्रमाणें जी झिरपणक्षमता सामान्यपणें अपेक्षिली जाते ती कमी होण्याच्या क्रमात बदल होतो.

१५. प्रारंभिक हानी.

विशिष्ट परिस्थितींत अपवाहनिर्मिति न होता जास्तींत जास्त वर्षण होते तेव्हां अशा अवस्थेला प्रारंभिक हानी असें म्हणतात (अ. ६५ प, ६). युनायटेड स्टेट्समधील दमट हवेच्या खोऱ्यांत प्रारंभिक हानीचे मूल्य, सापेक्षतेनें पावसाळी हंगामात, किमान एक इंचाच्या काहीं अंशापासून ते उन्हाळ्यातील कोरड्या हवामानात, "फॉल" महिन्यात सरासरी २" इंचापर्यंत असू शकते. दमट हवेच्या प्रदेशात मोठे पूर येण्याच्या आधींच्या परिस्थितींत प्रारंभिक हानी, साधारणपणें ०.२ ते ०.५ इंच इतकी असते आणि ती पुरांतील अपवाहाच्या राशीपेक्षां तुलनेंनें कमी असते. म्हणून मोठ्या पुरांच्या माहितीवरून झिरपण्याच्या सूचकांकाचे संगणन करतांना प्रारंभिक हानीकरता द्यावयाची सूट वगळण्यात यावी किंवा महत्त्वाच्या चुका न होतील अशा तऱ्हेनें त्या हानीचा स्थूल मानानें अंदाज घ्यावा.

फ्रँक्लीन् एफ्. स्नायडर (अ. ६५ प. ६) यांनी भूम्यन्तर्गत निःसारणावरून दिसून येणाऱ्या जागेवरील आर्द्रतेशी जुळणाऱ्या प्रारंभिक हानीच्या ऱ्हासाच्या मूल्याचे अंदाज घेण्याकरिता एक कार्यपद्धति सुचिविली आहे. सौम्य वादळांतील निर्माण होणाऱ्या अपवाहाचा अंदाज घेतांना येणाऱ्या समस्यांत ही कार्यपद्धति वापरावी अशी शिफारस आहे.

१६. झिरपण सूचकांक.

झिरपणाच्या अंदाजाचा अदमास घेणें जरूर असल्यानें नैसर्गिक खोऱ्यातील पाऊस आणि अपवाहांचा माहितीवरून संगणन केलेल्या (पावसाच्या) हानीच्या सरासरी प्रमाणाला, येथें "झिरपणक्षमते" ऐवजी "झिरपणसूचकांक" असें संबोधण्यात येईल. जेव्हां हानीच्या प्रमाणाच्या सरासरीपेक्षां जास्त असलेली पावसाची राशि थेट निर्माण होणाऱ्या अपवाहाच्या राशीइतकी असते तेव्हां त्या हानीच्या सरासरीच्या प्रमाणाला झिरपण सूचकांक ("फॅव") असें म्हणतात.

व्यापक अशा निःसारण क्षेत्रातील मोठ्या वादळातील अपवाहांच्या राशीचा अंदाज घेण्याकरिता उपयोगात आणण्यात येणाऱ्या झिरपण सूचकांकाच्या संगणना करिता खालील पद्धति सुचविण्यात आली आहे :—

(अ) एखाद्या खोऱ्यांतील मोठ्या पुरांचे उपलब्ध असलेले जलालेख अभ्यासाकरिता निवडण्यात यावेत. एकूण माहित असलेल्या अपवाहांच्या राशींतून अंदाजित मूलभूत प्रवाह आणि बाह्य पावसातून निर्माण होणारा अपवाह हे वजा करून पृष्ठतलावरील अपवाहाच्या राशीचे संगणन करण्यात यावे. (पहा सारणी ४, स्तंभ २९, ओळी २३, ३२ आणि ३४).

(आ) आकृति ६ त दाखविल्याप्रमाणें समवृष्टि रेषांचे नकाशे प्रत्येक प्रमुख पावसाच्या कालावधीकरितां आरेखित करण्यांत आले आहेत (आ. ७) आणि सामूहिक पर्जन्यवक्र तयार करण्यात आले आहेत.

(इ) निरनिराळ्या वर्षण केंद्रांच्या सर्वात जवळचे क्षेत्र निश्चित करण्याकरिता अनेंक थायसॉन बहुभुज रेखाचित्रे आरेखित करून निःसारणक्षेत्राचे उपविभाग पाडण्यात येतात. (आ. ६) थायसॉसॉन बहुभुज रेखाचित्र विकसित करतांना शेजारच्या केंद्रामधून रचनारेखा काढण्यात येतात. आणि या रेषांचे लंब-समद्विभाजक त्या

त्या वर्षणकेंद्राच्या भोवतालचे पूर्ण बहुभुज-रेखाचित्र प्राप्त करण्या-करिता आरेखिले जातात. या प्रत्येक समद्विभाजक रेखाचित्रांतील आणि निःसारणखोऱ्यांतील (Ap) चे मापन करून तक्ते तयार करण्यात येतात (सारणी ४, स्तंभ ४).

(ई) प्रत्येक केंद्राच्या बहुभुजाकृतींतील पावसाच्या सरासरी खोलीचा (फॅवचा) एकूण समपर्जन्य वादळांच्या नकाशावरून अंदाज करण्यात येतो आणि विभाग १ मधील सारणी ४ स्तंभ ६ त दाखविल्या-प्रमाणे त्याच्या सारण्या तयार करण्यात येतात.

(उ) प्रत्येक क्रमवर्ती कालाच्या, एकांकाकरिता पावसाच्या, इंचात मापन केलेल्या, राशी त्या त्या वर्षण केंद्रांकरितां तयार केलेल्या सामूहिक पर्जन्य वक्रावरून मापन करण्यात येतात. याकरिता कालाच्या 'एकांकाची' निवड करतांना आलोचन केंद्राची घनता आणि नोंदलेल्या माहितीचे गुणधर्म आणि अचूकता ही विचारांत घेतली पाहिजेत. विस्तृत निःसारण खोऱ्यांतील अशा अभ्यासाकरिता तीन तासांच्या कालाचा एकांक सोयीचा असतो.

(फ) (Pav/Psta) (Ap) = प्रभावी क्षेत्र. Ac. हे प्रभावी क्षेत्र प्रत्येक वर्षणक्षेत्राकरिता संगणित करण्यात येते. (विभाग १, सारणी ४, स्तंभ ८) आणि प्रत्येक केंद्राच्या बहुभुजाकृतीतील पर्जन्याच्या राशीचे दर चौ. मैलास १ इंच या प्रमाणात टप्पा 'ई' वरून प्राप्त केलेल्या ३ तासांतील पर्जन्यराशीला Ac. नें गुणून संगणन करण्यात येते. (पहा विभाग १, सारणी ४, स्तंभ १० ते २४).

(ग) प्रारंभिक ऱ्हासाचा, खोलीच्या इंचाच्या प्रमाणात मापन करून अंदाज करण्यात येतो आणि त्याचे प्रत्येक केंद्रातील बहुभुजाकृतीकरतां दर चौ. मैलास इंचांचे प्रमाणात रूपांतर करण्यात येते. (विभाग २, सारणी ४, स्तंभ ५–६).

झिरपणसिद्धान्त लागू केला आहे असे मानण्यापूर्वी संचयी पाऊस प्रारंभिक ऱ्हासापेक्षां जास्त असला पाहिजे.

(ह) प्रथम दर ताशी इंचाच्या प्रमाणांतील झिरपणाच्या सूचकांकाचे चांचणीमूल्य (फॅव) गृहीत धरण्यात येते आणि प्रत्येक केंद्राच्या वर

बहुभुजाकृतीकरतां दर चौ. मैलांत होणाऱ्या इंचांतील तत्सम झिरपण हानीचा तक्ता तयार करण्यात येतो. (विभाग २, सारणी ४, स्तंभ ८). फॅवच्या चांचणी मूल्यापेक्षां जास्त असलेल्या पावसाच्यां राशीची ,प्रारंभिक हानीची पूर्तता झाल्यावर ,भर घालण्यात येते आणि तिची टप्पा (अ) मध्यें संगणन केलेली जमिनीवरील अपवाहाच्या राशीशी तुलना करण्यात येते. जमिनीवरील अपवाहाच्या बिनचुक राशीइतके अतिरिक्त पावसास लागणाऱ्या Fav चें मूल्य निश्चित प्राप्त होईपर्यंत ही क्रिया पुनःपुन्हा करण्यात येते. अशा प्रातिनिधिक बिभागांतील पर्जन्याची व अतिरिक्त पर्जन्याची आधारसामग्री आ. ८ मध्यें निर्देशित केल्याप्रमाणें अपवाहाच्या जलालेखावर समवृष्टिरेषा म्हणून आलेखित करण्यात येते.

मागील परिच्छेदांत वर्णिलेली पद्धति तिचा वापर योग्य प्रमाणात केल्यास अनुभव मिळाल्यावर, क्लिष्ट वाटत नाहीं. जलविज्ञानाच्या इतर शाखातील अभ्यासाकरिता अशा मूलभूत आधारसामग्रीची जरूर असते. या कार्यपद्धतींत पावसाचे हवेतील वितरण आणि पावसाच्या तीव्रतेचे वितरण-सूचकांक विचारात घेतले जात असल्यामुळें ही पद्धति मोठ्या निःसारण खोऱ्याच्या बाबतींत उपयुक्त ठरते. या पद्धतींत सुधारणा करण्यास आणि ती सोपी करण्यास वाव आहे. ती मूलभूत आधारसामग्री बिनचूक असण्यावर आणि विशिष्ट प्रकल्पाच्या गरजावर अवलंबून असते. वर उल्लेखिलेल्या उदाहरणात निःसारण क्षेत्रावरील झिरपण-सूचकांक स्थिर आहे असे गृहीत धरण्यात आले होते. परंतु, जर जरूर ती माहिती उपलब्ध असेल तर तेथील जमिनीच्या वैशिष्ट्यांचा विचार करून त्यातील विचरणांचा अंदाज काढण्यास हरकत नाही. आपापल्या बहुभुज आकृती मधील झिरपणाच्या शक्तींतील होणारी संभाव्य हानी प्रायोगिक प्रकल्पावरून तयार केलेल्या झिरपण वक्राशीं जुळेल अशी अंदाजानें प्राप्त करणें शक्य आहे. काही बाबतीत निःसारण खोऱ्यातील निरनिराळ्या विभागांतील पर्जन्यतीव्रतेच्या विचरणाचे अधिक चांगले निदर्शन व्हावे म्हणून थायसॉन बहुभुजाकृति पद्धतीला काटेकोरपणें चिकटून रहाण्याऐवजी निरनिराळ्या क्षेत्रांच्या सामूहिक वक्रांचे प्रक्षेपणन करण्यास हरकत नाहीं.

बऱ्याच निःसारण खोऱ्यांतील झिरपण-सूचकांकांची मूल्यें सारणी ५ मध्यें तयार केलीं आहेत. मध्यम आणि मोठ्या पुरासंबंधीच्या माहितीवरून हे सूचकांक संगणित केले होते. मागील परिच्छेदात निर्देशित केलेल्या पद्धतीनें हें झिरपण-

सूचकांक कांटेकोरपणें प्राप्त करण्यात आले नव्हते परंतु, त्यांच्या मूल्यावरून प्रातिनिधिक क्षेत्रांतील मोठ्या वादळातील अपेक्षित अशा किमान झिरपण-सूचकांकांची अंदाजी कल्पना येऊ शकेल.

(ड) अपवाहाचे क्षेत्र

१७. सामान्य विचार

अपवाहांचे जलालेख निश्चित करण्याचे घटक पूर्वीच नमूद केले आहेत. एक हजार चौरस मैलापेक्षां कमी असणाऱ्या क्षेत्रांतील, नैसर्गिक निःसारण खोऱ्यांतील अपवाहांचे क्षेत्र अंदाजित करण्याच्या बहुतेक सर्व व्यावहारिक पद्धतींत सामान्यता एकांक-जलालेख पद्धतीचा अवलंब करावा लागतो आणि त्यावेळीं कदाचित् विशिष्ट असें जोड-संगणनेही करावी लागतात. एक हजार चौरस मैलांच्या मोठ्या निःसारण क्षेत्रांतील अपवाहाच्या क्रमांच्या अंदाजाकरितां अधिक तर्कशुद्ध दृष्टिकोन असावा लागतो. त्यांत एकांक जलालेख पद्धतीनें प्रत्येक प्रमुख उपनदीतील व्यक्तिगत अपवाहाचा अंदाज घ्यावा लागतो आणि पूरमार्गनिर्धारणाच्या संगणनानें या उपनदींतील प्रवाहांच्या राशीही एकत्र कराव्या लागतात.

नैसर्गिक नदीखोऱ्यांतून वहाणाऱ्या पुरांचे पूरमार्ग–निर्धारण ("राउटिंग") करण्याच्या पद्धती अनेक लेखकांनी खुलासेवार सादर केल्या आहेत. (अ. ६५, प. ५, ८, ९, १०) म्हणून त्यांचा येथे उहापोह करण्यात येणार नाही. उपलब्ध जलालेखांच्या विश्लेषणाच्या पद्धति आणि गृहीत जलालेखांच्या प्रगतीतून प्राप्त केलेली माहिती व पुनरूपयोग यांच्या संबंधी पुढील परिच्छेदांत सूचना करण्यात आल्या आहेत.

१८. नैसर्गिक जलालेखांचे पोटविभाग

नैसर्गिक जलालेखांच्या विश्लेषणाकरितां त्यांचे तीन प्रकारच्या प्रवाहात खालीलप्रमाणे पोटविभाग पाडण्यात यावेत.

(अ) जमिनीवरील अपवाह अथवा जमिनीवरून वहाणाऱ्या नाल्यांतील जमिनी-वरून वहाणारे पाणी.

(ब) निम्नपृष्ठ वादळी प्रवाह अगर जो वादळानंतर थोड्याच वेळात ठराविक नाल्यात जाऊन मिळतो परंतु जो मुख्य भूमिगत जलस्तरा-

पर्यंत पोचत नाही असा मातीच्या उथळ विभागातून झिरपणाऱ्या पाण्याच्या प्रवाहाचा कांही भाग.

(क) भूमिगत जलप्रवाह किंवा ज्या अपवाहाच्या कालावधीचा अभ्यास करण्यात येत आहे अशा अपवाहाच्या आधीच्या झिरपणानें भूमिगत जलस्तरातून मिळालेले पाणी आणि अभ्यासाच्या कालावधींतील झिरपणाऱ्या प्रवेशानें प्राप्त झालेले पूरक जल.

अगदी अलिकडच्या काळापर्यंत जमिनीवरून वहाणारा जलप्रवाह आणि भूमिगत जल या दोन्हीमुळे अपवाह निर्माण होतो असें सर्रास मानण्याची प्रथा असे. परंतु अनेक अन्वेषकांना निरीक्षणानें असें दिसून आलें कीं बादळाच्या वेळी झिरपणाने जें पाणी जमिनींत जिरते त्यापैकी बराचसा भाग, तें पाणी भूमिगत जलस्तरात प्रवेश करण्यापूर्वी आणि आधारभूत प्रवाह नाल्यापर्यंत पोहोचण्यापूर्वी अगदी थोडचाच कालावधींत नाल्याच्या प्रवाहाचा एक भाग म्हणून बाहेर पडतें (अ. ६५ प. ६, ११). ग्रेट प्लेन्स विभागांत आणि मध्यपश्चिम आणि पश्चिम युनायटेड स्टेटसमध्ये ही घटना उघडउघड दिसून येते आणि देशाच्या इतर भागातही ती निरनिराळ्या प्रमाणांत दिसणें शक्य असते.

जेथे अपवाहाचा बराचसा भाग अशा प्रकारचा असतो तेथे निम्नपृष्ठातील वादळी प्रवाहापासून निर्माण झालेल्या अपवाहाचे प्रमाण अगर राशी यांचा अंदाज करण्याची निश्चित पद्धति अद्यापि तरी सुचविण्यात आलेली नाही. मात्र खोऱ्यांतील लक्षणांचा सांगोपांग अभ्यास आणि जलविषयक ज्ञात माहिती यांच्या सहाय्याने एकाद्या विशिष्ट क्षेत्रातील निम्नपृष्ठातील प्रवाहाच्या अवस्थेचा अंदाज करण्याच्या कांही व्यावहारिक सामान्य पद्धती अस्तित्वात असल्याचे दिसून येते.

अशा समस्यांच्या सध्या उपलब्ध असलेल्या मर्यादित स्वरूपाच्या अभ्यासावरून असें दिसून येतें की ज्या खोऱ्यांत निम्नपृष्ठांतील प्रवाहांची लक्षणें प्रामुख्याने दिसून येतात अशा ठिकाणच्या अपवाहाचे प्रमाण आणि त्याची राशि निश्चित करण्याचा योग्य मार्ग म्हणजे जमिनीतील सुरवातीच्या ओलाव्याची परिस्थिति आणि भूमिगत जलसंचय याचा परस्परसंबंध जोडणें हा होय.

यु. स्टेटसमध्ये ज्या क्षेत्रांचे दमट भाग म्हणून वर्गीकरण करण्यात आलें आहे अशा बऱ्याचशा क्षेत्रात मुख्य पूर–अपवाह राशीचा निम्नपृष्ठांतील वादळीप्रवाह हा एक लहानसा भाग होता. मात्र लहान पुरांची वाढ होण्यात अशा निम्नपृष्ठा-

तील प्रवाहाचा बराचसा भाग असतो आणि कधीकधी त्याचे अशा लहानशा पूरवाढीत बरेच मोठे प्रमाण असू शकते. एकांकी जलालेखाच्या विकसनांतील जलालेखांकाच्या विश्लेषणासंबंधी किंवा दमट विभागांतील निःसारण नाल्यातील झिरपण–सूचकांकाच्या संगणनात यापुढे केलेल्या चर्चेत निम्नपृष्ठांतील पूरप्रवाह हा मूलभूत प्रवाहाचा एक भाग म्हणून मानण्यात येईल.

१९. सामान्य अप्रबल वक्र

जलालेखांच्या विश्लेषणात ज्या पर्जन्यकालाचा विचार करण्यात येत असेल त्या कालाच्या आधीच्या अगर नंतरच्या पडणाऱ्या पावसातून वहाणारा अपवाह वगळण्याकरिता नोंद केलेल्या जलालेखात दुरुस्ती करणें सामान्यतः जरूरीचे असते. मोठ्या खोऱ्यांतील अपवाहाच्या अभ्यासांत, अपवाहाचा तेथील पावसाशी संबंध जोडण्याकरिता पूरमार्ग–निर्धारणाचे संगणन करण्याची जरूरी लागेल परंतु एकांकी जलालेखाच्या विश्लेषणात ज्या नेहमीच्या खोऱ्यांचा संबंध असतो, अशा खोऱ्यांतील तीव्र पावसाच्या विभिन्न कालांतील अपवाह "सामान्य अप्रबल वक्र" वापरून समाधानकारक रीतीनें वेगळे करता येतात. डब्ल्यू. बी. लँग्बिन यानी सुचविल्याप्रमाणें (अ. ६५ प. ९) मूलभूत प्रवाह वजा करून नैसर्गिक खोऱ्यातील प्रस्त्राव अगर नाल्यातील साठा दाखविणाऱ्या जलालेखांच्या खंडातून नेहमी असे "अप्रबल वक्र" संगणित करणें शक्य आहे. प्रस्त्रावांच्या व्याप्तीचा समाधानकारक रीतीने अंतर्भाव होण्याकरिता जलालेखांच्या अनेक खंडांची जरूरी लागते. सहा तासासारख्या एकाद्या सोयीस्कर कालावधीच्या एकांकाची निवड करून एकामागून एक येणाऱ्या काल खंडांतील प्रस्त्राव चालू पावसाने बाधित झाले नाहींत असे दिसणाऱ्या जलालेखांच्या खंडावरून घेण्यात येतात. प्रत्येक एकांक अपवाहाच्या कालखंडाच्या सुरवातीच्या प्रस्त्रावाची मूल्ये त्या त्या काल-खंडातील अखेरच्या प्रवाहमूल्याशी आलेखित करण्यात येतात. नंतर सर्वोच्च बिंदूच्या अंदाजी सरासरीकरिता वक्र तयार करण्यात येतात. त्यावेळी वादळाच्या कांही थोडयाच क्षेत्रांतील अपवाहाचे अप्रबलन झाल्याचे दिसून येणारे अगदीं डाव्या बाजूचे कांही बिन्दू वगळण्यात येतात. कारण, ज्या नैसर्गिक जलालेखाचा अभ्यास करावयाचा असतो त्याच्या परिमाणाबरहुकूम वरील सरासरीच्या वक्रावरून मापन केलेली मूल्ये पुनः आलेखित केली जातात. वर वर्णन केलेल्या पद्धतीनें तयार केलेले अप्रबल वक्र नेहमीच्या अगर वादळाच्या सरासरी वितरणा-तच लागू होतात हे लक्षांत ठेवले पाहिजे. खोऱ्यातील वरच्या भागांतील संकेंद्रित पावसातून निर्माण होणारे अपवाह सामान्य अप्रबल वक्रावरून दिसून येणाऱ्या

अप्रबलनापेक्षा सावकाश मार्गे सरकत जातात अशी अपेक्षा असते आणि याच्या विरुद्ध परिस्थिती खोऱ्यामधील संकेंद्रित पावसाच्या बाबतीत निर्माण होते.

२०. भूमिगत जलक्षयाचे वक्र

भूमिगत जलाशयांतील प्रस्त्रावाच्या प्रमाणाचा "भूमिगत जलक्षय वक्रापासून" अंदाज करता येतो हे वक्र प्रत्यक्ष अपवाहामुळे अगर नालीच्या साठ्यातील प्रस्त्रावामुळे फारसा परिणाम न झालेल्या अशा ज्ञात जलालेखांच्या खंडापासून तयार केलेले असतात. मागील परिच्छेदात सुचविलेल्या सामान्य अप्रबलवक्र तयार करण्याच्या पद्धतीचा वापर भूमिगत जलक्षय वक्राच्या संगणनाकरता करावा. मात्र याकरिता काही थोड्या तासाऐवजी अंदाजे २ ते ५ दिवसांच्या कालांतराचा एकांक वापरण्यात यावा. ज्यामुळे नाली आणि खोऱ्यांतील जलाच्या साठ्यातील प्रस्त्राव प्राप्त करता येतो असे सामान्य अप्रबल वक्र आणि ज्यामुळे भूमिगत जलाशयांतील निस्त्राव भूमिगत जलक्षयवक्रापासून प्राप्त होतो अशा दोन्हीतील फरक नजरेतून सुटता कामा नये.

२१. जलालेखांचा पोटविभाग

निरीक्षण केलेल्या जलालेखांचे जमिनीवरील अपवाह, निम्न पृष्ठांतील वादळी प्रवाह आणि भूमिगत जलप्रवाह अशा तीन घटकात विभाजन करतांना स्वतःची निर्णयशक्ती वापरण्याची बऱ्याच प्रमाणात जरूरी असते. मोठ्या पुरांतील जमिनीवरील अपवाहाच्या मानानें निम्नपृष्ठांतील वादळीप्रवाह कमी असतो आणि म्हणून तो मूलभूत प्रवाहाचा भाग मानण्यास हरकत नसते. तेथील समस्यांचे बाबतीत पुढीलप्रमाणें क्रियापद्धति सुचविण्यात येत आहे.

(अ) गृहीत पूरवाढीच्या संपूर्ण काळांतील आणि तत्पूर्वी बऱ्याच दिवसांच्या पावसाच्या माहितीची समवृष्टि-लेखाचित्रें आणि सामूहिक पर्जन्यवक्र यांचे साहाय्याने, विश्लेषण करण्यात यावे. प्रातिनिधिक क्षेत्रांची समवृष्टि-लेखाचित्रे जलालेखावर योग्य कालप्रमाणात आलेखित करण्यात यावीत आणि जमिनीवरील प्रवाहाच्या कालमानाचा अंदाज करण्याकरिता त्यांचा उपयोग करण्यात यावा. (पहा आ. ८)

(आ) विचाराधीन पुराच्या वाढीच्या आधीच्या पावसाच्या अपवाह आ. ८ मधील D-C वक्रात दाखविल्याप्रमाणे आधीच्या पूरवाढीचे वक्र अंदाजित मूलभूत प्रवाह–रेषेचा छेद होईपर्यंत लांबवून वगळण्यात यावा.

(इ) पुरवाढीच्या सुरवातीनंतर १२ ते १८ तासापर्यंत सामान्य जलक्षयवक्रा ("Normal Depletion Curve") वर दाखविलेल्या क्रमाप्रमाणे भूमिगत जलप्रवाह कमी होत जातो असे गृहीत धरण्यात येते, (पहा वक्र A–B आ. ८). सुरवातीच्या काही कालावधीत जेव्हां एकदमा पुरवाढ होते तेव्हा नाल्याच्या नजीकच्या भूमिगत जलस्तरावर पाण्याचा उलटा दाब पडला जाण्याची शक्यता असते. मूलभूत प्रवाह काढण्यापूर्वी हा दाब निष्प्रभावित झाला पाहिजे. जेथे जलस्तराचें अंतर किमान असतें अशा नाल्याजवळच्या झिरपणाच्या पुनरावेशनामुळे बहुधा मूलभूत प्रवाहात प्रथम वृद्धि होते. शेवटच्या बिंदूच्या संदर्भात जेथे पावसाच्या प्रत्यक्ष अपवाहाचा परिणाम भरीव प्रमाणात अपवाहावर झालेला नसतो अशा मूलभूत प्रवाह–रेषेच्या स्थानाचा शक्य तितक्या उत्तम प्रकारे अंदाज काढण्यात यावा.

(ई) ज्या जागी जमिनीवरील अपवाहामुळे नालीच्या साठ्यांतील प्रस्राव बऱ्याच प्रमाणात ओसरण्याची शक्यता असते अशा बिंदूजवळ गृहीत वाढीच्या अप्रबल वक्रास मूलभूत प्रवाहरेषेच्या खालच्या बिंदूतून छेदन करील अशी एक सरळ रेषा रेखाटण्यात येते. (पहा वक्र B-C-E आ. ८) मूलभूत प्रवाहाचा एक भाग म्हणून निम्नपृष्ठांतील वादळी प्रवाहाचा बराच मोठा भाग समाविष्ट करण्याचा या क्रियेंत उद्देश असतो. प्रत्यक्षात स्थलमंडळांतील वादळी प्रवाहाचे जास्तीत जास्त प्रमाण बहुधा पाऊस थांबताच थोड्याच वेळात वाढते आणि नंतर ते कमी कमी होत जाते. परंतु बऱ्याच अनिश्चित बाबींचा संबंध असल्याने मूलभूत प्रवाहाचा अंदाज घेण्याकरिता सुचविलेली ही सोपी क्रियापद्धति समाधानकारक आहे असें दिसून येते. स्थळमंडलातील वादळीप्रवाह जलालेखाच्या नंतरच्या भागात दृग्गोचर होईल अशी सामान्यतः अपेक्षा असते आणि पुष्कळवेळा नालीच्या संचयावस्थेंतून जाण्याकरिता जमिनीवरील अपवाहाला जो वेळ लागतो त्यापेक्षा बऱ्याच जास्त कालावधीपर्यंत सहज दिसेल अशा प्रमाणात हा प्रवाह वहात रहातो. काही खोऱ्यात लघुगणकीय पत्रावर आलेखन केल्यावर अप्रबल–वक्रात तुलनेने तीव्र तूट पडते. आणि यावरून असें दिसते कीं स्थलमंडलातील वादळी प्रवाहाच्या प्रमाणांत नाल्यातील साठ्यामधील निस्त्रावाचें प्रमाण त्या ठिकाणी तुलनेने कमी होते (अ. ६५ प. ११). परंतु ही लक्षणें वरवर पहाता, निरनिराळ्या खोऱ्यात निरनिराळी असतात.

आणि शक्यतो निरनिराळ्या अवस्थेकरिता खोऱ्यात जे अपवाह निर्माण होतात तेथे अपवाह दाखविणाऱ्या त्या त्या अनेक जलालेखांच्या तपासणीवरून त्या लक्षणांची खात्री करून घेतली पाहिजे.

(इ) एकांकी जलालेख

२२. सामान्य विवरण

कोणत्याही कालमानाच्या एकांकांत आणि एकाद्या विशिष्ट क्षेत्रीय विभागणींत जेव्हा पाऊस पडून त्यामुळे एक इंच अपवाह निर्माण होतो तेव्हा त्या अपवाहास एकांकी जलालेख म्हणतात. या विवेचनांत एकांकी जलालेखाचा त्याच अर्थाने उपयोग केलेला आहे. असे मूलतः गृहीत धरण्यात आलें आहे कीं, एकांक कालावधीत जर २ इंच अतिरिक्त पाऊस पडला तर एकांकी जलालेखाच्या कोटी (Ordinate) पेक्षा दुप्पट कोटी असलेला अपवाहाचा जलालेख निर्माण होतो. समान क्षेत्र वितरणांतील अतिरिक्त पावसाच्या क्रमवर्ती (Successive) एकांकापासून निर्माण होणाऱ्या अपवाहाचे प्रमाण एकांकी जलालेखाच्या प्रमाणात असते असे गृहीत धरण्यात आलें आहे आणि अपवाहाचा संपूर्ण जलालेख प्राप्त करण्याकरिता एकांक कालावधींतील एकांकी, क्रमवर्ती अतिरिक्त पावसाच्या एकांकी जलालेखांना गुणून प्राप्त केलेल्या अनेक अर्धवट जलालेखाच्या कोटी मिळविण्यात येतात.

ही मूलभूत धारणा काटेकोरपणें लागू करण्यात येत नाही. परंतु, अनुभवानें असे दिसून आलें आहे कीं अनेक व्यावहारिक समस्यांचे बाबतीत, एकांक जला-लेखपद्धतीने होणाऱ्या परिणामाची बिनचूक माहिती पुष्कळ प्रमाणात प्राप्त करता येते. मात्र तिचा उपयोग करतांना योग्य ते तारतम्य वापरले पाहिजे (अ. ६५, प. ४)

एकांकी जलालेख पद्धतीच्या विकासाच्या सुरवातीच्या अवस्थेत साधारणपणें असें मानण्यात येई कीं, निःसारण क्षेत्रांत ज्या पावसामळें एकांकी जलालेख प्राप्त झाला त्या पावसाचे प्रमाण त्या क्षेत्रात सर्व ठिकाणीं एकसारखे असते. परंतु अशा समजुतीमुळें एकांकी जलालेखांच्या क्रियापद्धती वापरण्यात आणि त्या लागू करण्याच्या क्षमतेंत फारच मर्यादितपणा येऊ लागला. निःसारण क्षेत्रांत समान वितरण झालेल्या जलालेखांचा सरासरी पर्जन्यमानांत वहाणाऱ्या अप-वाहाच्या प्रमाणाचे संगणन करण्याकरिता उपयोग करता येतो. या उलट,-

खालच्या बाजूच्या खोऱ्यांतील काहीशा जास्त तीव्रतेच्या वर्षणापासून निर्माण होणाऱ्या अपवाहाचे क्षेत्र दाखविणाऱ्या एकांकी जलालेखाचा, प्रस्त्रावाच्या आंतिक प्रमाणाचा अंदाज करण्यासाठी उपयोग होऊ शकतो. पावसाच्या वितरणातील किरकोळ विचरणाचे परिणाम खोऱ्यांतील (पाण्याच्या) साठ्याच्या सहाय्यामुळे नाहींसे होतात. परंतु वितरणांतील महत्वाची विचरणें अपवाहाच्या जलालेखात प्रतिबिंबित होतात. प्रत्यक्ष पडलेल्या पावसाच्या अपवाहासंबंधी अभिलेखांचे विश्लेषण करून अगर संश्लेषण पद्धतीचा उपयोग करून, पावसाच्या वितरणांतील महत्वाची वितरणे प्रतिबिंबित होतील अशातऱ्हेने एकांकी जलालेख तयार करणे शक्य आहे.

"एकांकी पर्जन्यकाल" (Unit Rainfall Duration) ही संज्ञा एकांकी जलालेख प्राप्त होण्याकरितां अपवाह निर्माण करणाऱ्या पर्जन्यांच्या अगर अतिरिक्त पर्जन्यांच्या कालास वापरण्यात येते. सहा तासाच्या एकांकी पर्जन्यकालापासून प्राप्त होणाऱ्या एकांकी जलालेखास सहा तासांचा एकांकी जलालेख असें म्हणतात या ठिकाणी वापरलेली 'लॅग' (Lag)ही संज्ञा एकांकी पर्जन्यकालाच्या मध्यबिंदूपासून एकांकी जलालेखाच्या उच्च बिंदूपर्यंतच्या कालाच्या अवधीला दिली जाते. एकांकी जलालेखासाठी निवडलेला एकांकी पर्जन्य काल हा अभ्यासांतर्गत निःसारण खोऱ्यांतील निरनिराळ्या भागात, ज्या कालात अभिकल्पीय वादळी पावसाची तीव्रता अंदाजी एकसारखी असते असे मानण्यात आले आहे त्या काळापेक्षा जास्त असू नये. खोऱ्यांतील पाण्याच्या साठ्यामुळे पावसाच्या तीव्रतेतील किरकोळ विचरणाचे परिणाम दूर होत असल्याने सामान्यतः उपयुक्त एकांकी पर्जन्यकालापेक्षा कांहीसा जास्त कालावधी, ज्या खोऱ्यात मोठ्या प्रमाणात संचयक्षमता आहे. अशा खोऱ्याकरता सोयीचा असतो. सहा तासांचा एकांकी पर्जन्यकाल अंदाजी शंभर चौ. मैल क्षेत्रफळापेक्षा जास्त असलेल्या निःसारण क्षेत्राच्या अभ्यासाकरिता, सोयीस्कर आणि योग्यही असतो फक्त स्थूल अभ्यासाकरिता एकांकी पर्जन्यकाल बारा तासापेक्षा जास्त धरण्यात यावा. कारण जास्त कालावधींत क्षेत्रांतील पावसाच्या वितरणात मोठे फरक पडू शकतात. असें दिसून आलें आहे कीं अंदाजी १०० चौ. मैलापेक्षा कमी आकाराच्या निःसारण क्षेत्रांत 'लॅग्' चे मूल्य निम्मे वापरण्यास हरकत नाही.

एकांकी जलालेखाच्या प्रस्त्रावाचे प्रमाण अथवा कोटी संबंधी येथे जो निर्देश केलेला आहे तो गृहीत क्षणाच्या कालावधींत निर्माण होणाऱ्या क्षणिक प्रस्त्रावासंबंधी आहे. एकाद्या विशिष्ट एकांकी जलालेखाचा आकार निश्चितपणे

ठरविण्याकरिता प्रस्त्रावाच्या कोणत्याही सोयीस्कर अशा श्रेणीचे तक्ते तयार करावे. तक्त्यातील प्रवाहाच्या कोटीमधील कालांतर आणि एकाद्या विशिष्ट एकांकी जलालेखांतील एकांकी पर्जन्यकाल यांचा एकमेकांशी काहीही संबंध नसतो. उदाहरणार्थ, – १२ तासांच्या एकांक पर्जन्य कालावधीपासून निर्माण होणाऱ्या एकांकी जलालेखाकरिता सहा तासांचे कालांतर असलेल्या प्रस्त्रावाच्या कोटींचे सारणी ९ स्तंभ २ मध्ये कोष्टक तयार केलेले आहे. बारा तासांचा एकांकी जलालेख निश्चित करण्याकरिता १२ तासांच्या कालांतराच्या प्रस्राव कोटीच उपयोगात आणावयास पाहिजे होत्या. परंतु १२ तासांचे कालमान जर वापरले असते तर स्तंभ १० तक्ता ९ मधील अंतिम गृहीत जलालेखांची मूल्ये १२ तासांच्या कालांतरानेच माहीत झाली असती आणि मधल्या मूल्या-करिता अंतर्वेशन करावे लागले असते, बिनचूक पूरमूल्यें मिळतील अशी खात्री येण्याकरिता ज्ञात बिंदूतून जाणाऱ्या अंतिम जलालेखाच्या आलेखनांत पुष्कळच काळजी घ्यावी लागली असती. सहा तासांचे कालांतर वापरून अंतिम जलालेख आलेखित करण्याकरिता पुरेसे बिंदू प्राप्त करता आले तरी त्याकरिता १२ तासांच्या कालांतराच्या कोटी बदलल्या नाहीत हे लक्षांत घेतले पाहिजे कीं १२ तासांचा एकांकी जलालेख १२ तासांच्या कालांतरांतील पावसाच्या अतिरिक्त एकांका-पासून निर्माण होतो आणि त्याचा एकांकी जलालेखांच्या मूल्यांचे कोष्टक तयार करण्याकरिता उपयोगात आणण्यात येणाऱ्या प्रस्रावांच्या कोटींच्या मधील कालाच्या अंतराशी काहीहि संबंध नसतो.

एखाद्या विशिष्ट खोऱ्यात प्रत्यक्ष पडणाऱ्या पर्जन्य आणि अपवाह यांच्या माहितीवरून तयार करण्यात आलेल्या एकाकी जलालेखांने तेथील चालू परि-स्थितीतील अपवाहावर परिणाम करणाऱ्या अनेक प्रकारांच्या एकत्रीकरणाचे निदर्शन होते. मूळ परिस्थितीहून भिन्न असलेल्या परिस्थितीत एकांकी जला-लेखाच उपयोगा करण्याकरिता बाह्यवेशन–पद्धति वापरावी लागते, पण ती काटेकोर गणितीय पद्धति आहे असे मानता येत नाही. प्रत्येक उपलब्ध साधनाने या बाह्य-वेशनाच्या प्रामाण्याची तपासणी केली पाहिजे. जेथे खोऱ्यांतील साठयांच्या अवस्थेत विविधता आढळते, खोऱ्यांचे आकार भिन्न असतात, निरनिराळी भूविषयक अंगे असतात, आणि हवामानात फरक आढळतो अशा बऱ्याच नद्यांच्या खोऱ्यांतील माहितीवरून तयार केलेले एकांकी जलालेख त्यांतील प्रमुख प्रभावाच्या तुलनात्मक परिणामांचे अंदाज करण्याकरता आधार म्हणन उपयोगी पडतात.

एकांकी जलालेख तयार करण्याकरिता खालील तीन पद्धती सामान्यपणे उपलब्ध आहेत. जलविज्ञानविषयक सखोल अभ्यासाकरिता प्रत्येक पद्धति उपयुक्तपणे वापरण्यात यावी.

(अ) पृथक् "एकांकी वादळांच्या" करता पर्जन्य अपवाहांच्या अभिलेखांचे (Recard) विश्लेषण करणे.

(आ) प्रमुख वादळांतील पर्जन्य अपवाहांच्या अभिलेखांचे विश्लेषण करणे

(इ) संश्लेषणात्मक एकांकी जलालेखांचे संगणन करणे :—

(१) तत्सम लक्षणे असलेल्या खोऱ्यांतील सादृश्यांचा प्रत्यक्ष उपयोग करणे.

(२) इतर बऱ्याच खोऱ्यांतील अप्रत्यक्ष सादृश्याचे बवात अनुभवाधिष्ठित संबंधांचा उपयोग करणे.

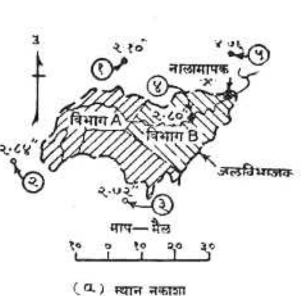
२३. पृथक एकांकी वादळांचे एकांकी जलालेख

एकांकी जलालेख तयार करण्याची सगळ्यांत सरळ पद्धति खालीलप्रमाणे असते. आपल्याला पाहिजे असलेल्या एकांकी पर्जन्यकालाइतक्या कालाकरिता साधारणत: एकसारख्या प्रमाणात एकांकी पर्जन्याचे अतिरिक्त परिणाम वेगवेगळ्या एकांकी वादळात निर्माण व्हावे लागतील. अशा वादळांतील अपवाहांची माहिती घेऊन तिचे विश्लेषण करावे लागते आणि याकरिता लागणाऱ्या संगणनाकरिता खालील सामान्य क्रियापद्धति उपयोगी पडते. (पहा. आ. ९).

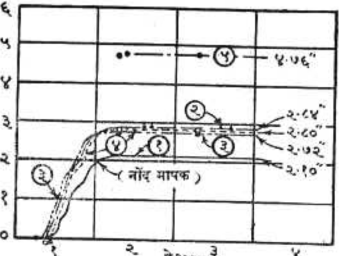
(अ) खोऱ्यांची रुपरेखा दाखविणारा नकाशा (आकृति ९ अ) तयार करणे आणि नाल्यांच्या मापनकेंद्राची ठावठिकाणे आणि खोऱ्यातील व खोऱ्याजवळची वर्षणकेंद्रे निश्चित करणे.

(ब) अभ्यासांतर्गत खोऱ्यांचा समावेश (१६ क) प्रमाणे होईल अशा तऱ्हेचे थायसन बहुकोनाकृती जाळे तयार करणे.

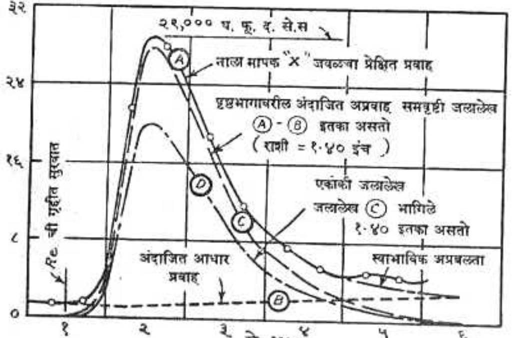
(क) इतर कालमानापासून साधारणपणे वेगळे असलेल्या अशा खोऱ्यात तीव्र प्रमाणात पडणाऱ्या पावसाच्या कालांच्या अंदाजी तारखा निश्चित करण्याकरिता वर्षणासंबंधीच्या हवामान कार्यालयातील जलवायु संबंधी माहीतीच्या अभिलेखांची तपासणी करणे.



(a) स्थान नकाशा



(b) सामूहिक पर्जन्य वक्र



(d.) जलालेख

हि -च्या सुरवाती-पासूनचा काल तासांत	द.से.स घ.फु.त तात्कालिक प्रस्राव
६	३००
१२	३,१००
१८	१३,३००
२४	२०,०००
३०	१८,६००
३६	१५,९००
४२	१२,६००
४८	९,६००
५४	६,८००
६०	५,३००
६६	४,०००
७२	३,०००
७८	२,३००
८४	१,८००
९०	१,३००
९६	१,०००
१०२	७००
१०८	४३०
११४	२३०

(e) कोष्टकीकरण
१२ तासाच्या एकांकी जलालेख (D) करिता

विशेष टिपा -

आ. (a) :
वलयांकित क्रमांक (१), (२), इ. वर्षण केंद्रे दाखवितात केंद्र (१) पर्जन्य मापकाने सुसज्जित केले होते अन्य सर्व केंद्रावर नोंद मापके नव्हती

आ. (b) : -च्या आ. (a) मधील वर्षण केंद्र क्रमांकाशी सामूहिक वक्रांचे क्रमाक जुळतात प्रेक्षित पर्जन्य मूल्ये खालील खुणांनी दाखविली आहेत
०, ■, ▲

आ. (C) :
F_{av} = संपूर्ण खोऱ्याचा सरासरी अंत:सरण निर्देशांक
P = निर्धारित केलेल्या क्षेत्रातील वर्षणाची राशी अगर सरासरी खोली
Re = निर्धारित केलेल्या क्षेत्रातील अतिरिक्त पर्जन्याची राशी अगर सरासरी खोली = (P)-(अंत:सरणाने बाष्पीभवनाने होणारी हानी इ.)

आ. (d) :
मापकावरील प्रेक्षित उंच्यावरून संगणित केलेली प्रस्राव मूल्ये '०' या खुणेने दाखविली आहेत

एकांकी जलालेख —(D) चा एकक पर्जन्य कालावधी १२ तासाइतका आहे असे धरले आहे

आकृति ९ वेगवेगळ्या एकांकी वादळातून निर्माण होणाऱ्या एकांकी जलालेखाचे संगणन

(ड) टप्पा 'क' मधील प्रत्येक पर्जन्य कालावधीमधील अपवाहाची राशी अंदाजी निस्चित करण्याकरिता अभ्यासांर्गत खोऱ्यांतील नाल्यांच्या प्रवाहाची माहिती पहाणे. पुढील अभ्यासाकरिता किमान एक अगर दोन इंच अपवाह निर्दशित करणारे जलालेख निवडणे.

(इ) टप्पा 'ड' मध्ये निवडलेल्या प्रत्येक कालावधीकरिता खोऱ्यांतील आणि त्याच्या जवळच्या वर्षणकेंद्रातील सामूहिक पर्जन्यवक्र तयार करणे (आ. ९b आणि अ. १२ पहा).

(फ) टप्पा 'ड' मध्ये निवडलेल्या प्रत्येक कालावधी करिता प्रस्त्रावांचे जलालेख आलेखित करणे (आ. ९d पहा.)

(ग) टप्पा 'इ' व 'फ' मध्ये मिळालेल्या आधारसामग्रीचा अभ्यास करून, त्यातून आपणाला, ज्या हेतूने हा अभ्यास करावयाचा आहे त्या हेतूस अत्यंत उपयुक्त होईल अशा माहितीची अंतिम अभ्यासा करिता निवड करणे.

(ह) बाह्य पर्जन्यापासून होणारे अपवाह वगळावे लागतात. त्याकरिता अभीक्षण केलेल्या जलालेखात फेरबदल करणे आणि मूलभूत प्रवाहाचा अंदाज बाधणे, जमिनीबरील अपवाहाचा जलालेख प्राप्त करण्याकरिता तत्संबंधी एकांकी वादळांतून निर्माण झालेल्या अपवाहांच्या एकूण जलालेखातून मूलभूत प्रवाह वजा करणे.
(पहा आ. ९d आणि अ २१)

(प) (प्लॅनीमीटरने अगर संगठण करून) जमिनीवरील अपवाहातील जलालेखांच्या राशीचे मापन करणे; अतिरिक्त पर्जन्यराशींचे संगणन करणे; आणि या आधारसामग्रीचे आलेखन करून समावृष्ठि रेखाचित्र तयार करणे. (पहा आ. ९c आणि अ १६). एकांकी वादळातून निर्माण झालेल्या जलालेखावरून एकांकी जलाललेखांचे संगठण करण्यात अतिरिक्त पर्जन्याच्या माहितीचा अंतर्भाव होत नाही. तथापि ज्यांचा अपवाहांच्या क्षेत्रीय परिस्थितीवर महत्वपूर्ण प्रभाव पडण्याची शक्यता असते अशा क्षेत्रीय वितरणाची आणि अपवाह निर्माण करणाऱ्या पर्जन्याच्या तीव्रतेची लक्षणें यांचे निर्देशन व्हावे लागते. म्हणून अशा आधारसामग्रीची जरूरी लागते.

(ज) एकांकी जलालेख प्राप्त करण्याकरिता प्रत्येक एकांकी वादळापासून निर्माण होणाऱ्या जमिनीवरील अपवाहांच्या जलालेखांच्या कोटींना त्यांच्या जमिनीवरील अपवाहाच्या जलालेखांच्या राशीने भागणे. असा निःसारण क्षेत्रातील अपवाहाचा भागाकार इंचात मोजला जातो.

(स) जर निरनिराळ्या वादळातील अतिरिक्त पर्जन्याच्या कालावधीत नेहमी वापरण्यात आलेल्या एकांकी कालावधीपेक्षा बऱ्याच प्रमाणात फरक पडत असेल तर अ. २९ मध्ये सुचविलेल्या पद्धतीने संगणन केलेला जलालेख इच्छित एकांकी कालावधीशी जरूर तर जुळवून घेणे.

२४. मोठ्या पुरांच्या अभिलेखावरून तयार केलेले जलालेख.

एखाद्या खोऱ्यांतील जास्तीत जास्त संभवनीय अंदाजित पावसापासून अपवाहांचे क्षेत्र संगणित करण्याकरिता उपयोगात आणलेल्या एकांकी जलाललेखाची प्रयोज्यता संबंधित वादळांतील अतिरिक्त पर्जन्यातील वाढीला एकांकी जलालेख लावून अभिलक्षित मोठ्या पुराच्या जलालेखाचे पुनरुत्पादन करून, अंशतः पडताळून पहाता येते. या पद्धतीत प्रत्यक्ष वादळातील क्रमवर्ती एकांश कालावधीतील क्षेत्रीय वितरण, आणि अतिरिक्त पर्जन्यांची तीव्रता यांतील महत्वाचे फरक निश्चित करण्याकरिता पर्जन्य–अपवाहाच्या माहितीचे काळजीपूर्वक विश्लेषण करण्याची जरुरी असते. सारणी ४ आ. ६, ७, ८ व १३ यामध्ये अशा माहितीची उदाहरणे दिली आहेत. एकांकी वादळापासून तयार केलेला एकांकी जलालेख अगर संश्लेषणात्मक पद्धतीने विकसित केलेला चाचणी जलालेख अभीक्षित जलालेखाशी तुलना करण्याकरिता, प्रथमतः संगणित अतिरिक्त पर्जन्य-मूल्यांना लागू करण्यात येतो. जरुरीप्रमाणे एकांकी जलालेखाच्या 'लॅग' आणि आकारांत फरक करण्यात येतो. याकरता अ. २९ मध्ये चर्चिलेली S वक्र पद्धति वापरण्यात येते. आणि अशातऱ्हेने प्रत्यक्ष आणि संगणित जलालेखात पुरेसा निकट मेळ बसविता येतो. एखाद्या वेळी तीत एका मागून एक येणाऱ्या वादळांच्या कालावधीत अतिरिक्त पर्जन्याच्या क्षेत्रीय वितरणात जर महत्वाचा फरक दिसून आला तर ज्या वादळाच्या कालावधीत क्षेत्रीय वितरण लागू केले आहे त्याकरिता एकांकी क्षेत्रीय वितरण वापरून भिन्नभिन्न जलालेख वापरण्यात यावेत.

मागील परिच्छेदांत चर्चा केलेली क्रियापद्धति ही एकांकी जलालेख प्राप्त करण्याची एक पद्धति आहे. संकल्पित पुराच्या माहितीकरिता एकांकी वादळा

पासून तयार केलेल्या सामान्य जलालेखांचे विश्लेषण करून काढलेल्या निष्कर्षा-पेक्षा मागील परिच्छेदांतील क्रियापद्धतीने प्राप्त केलेले निष्कर्ष जास्त खात्रीलायक असतात असे मानण्यात येते. तथापि दोन्हीहि पद्धतींचे निष्कर्ष एकामेकाशी पडताळून पहावेत. केवळ एकांकी जलालेख एखाद्या विशिष्ट आणि मोठ्या पुराच्या जलालेखांचे तंतोतंत पुनरुत्पादन करतो म्हणून संकल्पित अतिरिक्त पर्जन्याचा जलालेख वापरून अपवाहाचे क्रांतिक परिणाम दिग्दर्शित होतील असे निश्चितपणे म्हणता येणार नाही. पर्जन्यवितरण, त्याची तीव्रता, आणि कालक्रम असे असू शकतील की त्यामुळे प्रत्यक्ष वादळाला लागू असलेल्या एकांकी जलालेखानी निर्दिष्ट केल्यापेक्षा संकल्पित वादळात अपवाहाचे प्रमाण बऱ्याच अंशी जास्त असू शकेल. परंतु, तर्कशुद्ध विश्लेषणाने जर मोठ्या पुरांतील अपवाहाचे परिमाण आपणास विचारांत घेणे शक्य असेल तर पर्जन्याच्या अधिक मूल्यांना तीच पद्धत वापरून प्राप्त केलेल्या निष्कर्षांवर जास्त विश्वास ठेवण्यास हरकत नाही.

२५. संश्लेषणात्मक एकांकी जलालेख. सामान्य चर्चा

जल विज्ञानासंबंधीच्या महत्वाच्या बऱ्याचशा अभ्यासांत तत्संबंधीच्या अभि-लेखातून प्राप्त केलेल्या व्युत्पत्तीच्याऐवजी अगर अभिक्षित आधारसामग्रीचा परस्पर संबंध जोडण्याच्या साधनांच्या ऐवजी संश्लेषणात्मक एकांकी जलाललेखांची जरूरी पडते. तांत्रिक प्रकाशनांतून संश्लेषणात्मक एकाकी जलाललेखांच्या संगण-नाच्या अनेक पद्धती दिल्या आहेत. त्यांतील बऱ्याचशा पद्धति विशिष्ट उद्दिष्ट साध्य करण्याकरिताच विकसित केलेल्या आहेत. म्हणून अन्य कामाकरिता त्यांचा सर्वांत जास्त उपयुक्त पद्धती म्हणून उपयोग होणार नाहीं. उदाहरणार्थ, पुराचा अंदाज करताना जलद परिगणनांची जरूर लागते. आणि त्याकरिता अंदाजी गणन न्याय्य ठरेल. परंतु, संकल्पित पूर जलालेखाचे अंदाज करण्याकरिता तसे गणन चालणार नाही. अपवाहांच्या क्रांतिक जलाललेखांचा अंदाज करण्याकरिता, अपवाहाचे बऱ्याच प्रमाणात संकेंद्रण होण्यास सोयीस्कर अशा अवस्था असू शकतात असे गृहीत धरले पाहिजे. परंतु, इतर समस्यांचे बाबतीत अशा अवस्थांचे सरासरी मान विचारात घेणे जास्त सयुक्तिक मानावे लागते. खालील परिच्छेदांत ज्या पद्धतीचे दिग्दर्शन केले आहे तिचा उद्देल मुख्यतः महत्वाच्या पुरांतील अपवाहांच्या क्रांतिक परिमाणांचा अंदाज करण्या करिता ती पद्धती वापरावी हा आहे इतर समस्याकरिता सामान्य पद्धती वापरणे उपयुक्त ठरते. अशा अभ्यासात निर्णयशक्ति आणि अनुभव यांना डावलणे व्यवहार्य ठरत नाही.

अपवाहाच्या क्रांतिक जलालेखाचा अंदाजी स्थूलमानाने उपयोग करण्यासाठी एकांकी जलालेखाचे विकसन करतांना (अ) अधिकतम प्रस्त्राव (आ) अधिकतम प्रस्त्रावाच्या वेळचे अपवाहाचे संकेंद्रणाचे प्रमाण (इ) 'लॅग्' काल, यांची नेमस्तपणे निश्चिती करणे प्राथमिक महत्वाचे असते. वर नमूद केलेले तिन्ही घटक निश्चित केल्यावर एकांकी जलालेखांच्या चढत्या आणि उतरत्या बाजूंचा आकार आणि त्याच्या आधाररेषेची लांबी या बाबी सामान्यत: दुय्यम महत्वाच्या ठरतात.

२६. स्नायडर्सचे संश्लेषी एकांकी जलालेखांचे परस्पर संबंध

फ्रँकलिन एफ्. स्नायडर (अ ६५, प. ७) यांनी सादर केलेल्या अनुभवाधिष्ठित संबंधावरून असे सिद्ध झाले आहे कीं जेथे नाल्यातील प्रवाहासंबंधी माहिती उपलब्ध नसेल अशा निःसारणक्षेत्रातील अपवाहांच्या लक्षणांचा अभ्यास करण्याकरिता आणि विशिष्ट उद्देश साध्य करण्याकरिता उपलब्ध असलेल्या अपवाहाच्या माहितीत फेरबदल करण्यात अगर तिला जोड देण्यास हे संबंध, विशेषेकरून उपयुक्त ठरतात. समीकरणात खालील संज्ञा वापरण्यात आल्या आहेत.

t_p = एकांकी पर्जन्य कालावधीचा मध्यबिंदू t_r आणि एकांकी जलालेखाचा अधिकतमता बिंदू यांच्यातील "लॅग", तासात.

$t_r = t_p/५.५$ तासाइतका एकांकी पर्जन्यकालावधी.

t_R = विशिष्ट अभ्यासाकरिता वापरण्यात आलेला एकांकी पर्जन्य कालावधी, तासात.

LAG_{tR} = एकांकी पर्जन्य कालावधीचा मध्यबिंदू आणि एकांकी जलालेखाचा अधिकतम बिंदू यांतील लॅग, तासता

q_{tR} = दर चौ. मैलास दर सेकंदाला घनफुटात एकांकी जलाललेखाच्या प्रस्त्रावाचे अधिकतम प्रमाण.

Q_p = एकांकी जलालेखाच्या प्रस्त्रावाचे अधिकतमतेचे प्रमाण – दर सें. स. घन फुटात ––

A = निःसारण क्षेत्र – चौ. मैलात.

L_{ca} = केंद्रा (Station) पासून निःसारण क्षेत्राच्या गुरुत्वमध्यापर्यंतची नदीची मैलात लांबी.

L = गृहीत केंद्र आणि निःसारण क्षेत्रांच्या उगमाकडील बाजूची सीमा यांतील नदीच्या पात्राची लांबी–मैल.

C_t व C_p = एकांक आणि निःसारण खोऱ्यातील वैशिष्ट्ये यावर अवलंबून असलेले गुणांक.

खालील समीकरणांचा वारंवार उपयोग करण्यात येतो--

$$t_p = C_t (LL_{ca})^{0.3} \qquad (८)$$

$$t_r = t_p/5.5 \qquad (९)$$

$$LAG_{tR} = t_p + 0.25(t_R - t_r) \qquad (१०)$$

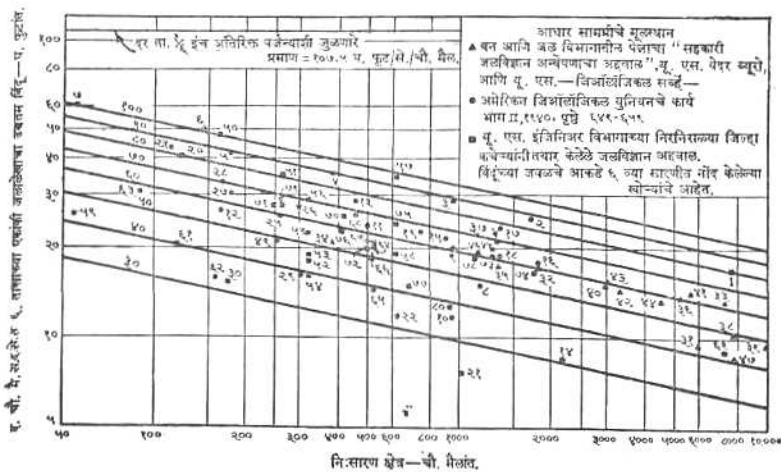
$$q_{tR} = 640\ C_p/LAG_{tR} \qquad (११)$$

$$Q_p = (q_{tR})(A) \qquad (१२)$$

एखाद्या विशिष्ट केंद्राच्या वरच्या बाजूच्या निःसारण क्षेत्राच्या गुरुत्वमध्याचा अंदाज खालील पद्धतीने काढता येतो.

(अ) एखाद्या पुठ्ठ्याच्या तुकड्यावर निःसारण क्षेत्राच्या आराखड्याचे रेखाटन करावे, आणि ठाकठीक करून त्याला योग्य आकार द्यावा.

(ब) पुठ्ठा त्याच्या टोकाजवळ टाचणीने अडकवून ओळंब्यात टांगावा, आणि त्यावर एक उभी रेषा काढावी. तसेच पहिल्या रेषेशी अंदाजे ९० अंशांचा कोन करून दुसरी रेषा आखावी. या दोन्ही रेषांचा छेदबिंदु हा त्या क्षेत्राचा गुरुत्वमध्य होतो आणि हा बिंदु, "L_{ca}" निश्चित करण्याकरिता, मूळ नकाशावर स्थानांतरित करावा.



आकृति १० ६ तासांच्या कालावधीच्या एकांकी जलालेखांची अधिकतमता विरुद्ध निःसारण क्षेत्र.

प्रवाहाच्या मुख्य नालीच्या बाजूस साधारणपणे क्षेत्राच्या मध्याच्या समोर असलेल्या बिंदूपर्यंत 'Lca' हे अंतर मापन करण्यात येते. 'L' हे अंतर 'Lca' आणि साधारणपणे प्रवाहाच्या मुख्य नालीच्या बाजूने मापन केलेल्या खोऱ्याच्या वरच्या बाजूच्या सीमेचे शेष अंतर यांच्या बेरजेइतके असते.

स्नायडरने ॲपॅलॅचिअन हायलंड्समधील साधारण डोंगराळ खोऱ्याकरता निश्चित केल्याप्रमाणे 640 Cp या उत्पादकाचे सरासरी मूल्य 400 असते आणि Ct चे तत्सम सरासरी मूल्य २.० असते. अभ्यासांतर्गत निःसारणक्षेत्राच्या प्रातिनिधिक भागाची जर जलविज्ञानविषयक माहिती उपलब्ध असेल तर किंवा तत्सम लक्षण असलेल्या जवळच्या खोऱ्याची तशी माहिती उपलब्ध असेल तर त्यापासून Cp व Ct हे गुणांक संगणित करावेत. 'लॅग' निश्चित करण्याकरिता तेथील क्षेत्राचे खास निरीक्षण करणे व्यवहार्य असते आणि काही अभ्यासात ते इष्टही असते. जर निरनिराळी लक्षणें असलेल्या दोन अगर अधिक उपनद्यांनी हे निःसारणक्षेत्र बनलेले असेल तर अशा प्रत्येक उपनदीतील निःसारणक्षेत्राकरिता स्वतंत्र जलालेख संगणित करण्यात यावेत आणि एकंदर क्षेत्राचा आलेख प्राप्त करण्याकरिता अशा जलालेखांचे निष्कर्ष एकत्रित करण्यात यावेत. वरील समीकरणे कशी प्राप्त केली आणि त्यांचा उपयोग कसा केला यासंबंधी अधिक माहिती स्नायडर यांच्या मूळ लेखांत मिळेल (अ. ६५ प. ७)

२७. एकांकी जलालेखाचा अधिकतम प्रस्त्राव विरूद्ध निःसारण क्षेत्र

बऱ्याच खोऱ्यांतील अपवाहाच्या अभिलेखांतून संगणित केलेल्या एकांकी जलालेखाच्या अधिकतम प्रस्त्रावांची मूल्ये आ. १० त निःसारण क्षेत्राच्या विरूद्ध आलेखित केली आहेत. कोष्टक ६ मध्ये हे आलेखित बिन्दु दाखविले आहेत. अपेक्षेप्रमाणे निरनिराळ्या क्षेत्राशी संबंधित अधिकतम प्रस्त्रावमूल्ये त्यात समाविष्ट झालेली आहेत. विशिष्ट खोऱ्यांतील अपवाहांच्या माहितीपासून तयार केलेल्या आधारसामग्रीशी संश्लेषणात्मक एकांकी जलालेखांची तुलना करण्याकरिता आ. १० चा उपयोग होतो अगर विशिष्ट निःसारण क्षेत्रातील अपवाहांच्या माहितीवरून तयार करण्यात आलेल्या एकांकी जलालेखात फेरबदल करून ज्या नाल्यांतील प्रवाहाची आधारसामग्री उपलब्ध नाही अशा क्षेत्रास लागू करण्यास उपयोग होतो.

२८: अत्यूच्चबिंदूजवळ अपवाहांचे संकेंद्रण—

बऱ्याच निःसारण खोऱ्यांच्या एकांकी जलालेखांच्या अभ्यासावरून असे दिसून आले आहे कीं, अधिकतम प्रस्त्रावांचे प्रमाण आणि महत्तमापेक्षा अंदाजे ५०

टक्क्याहून जास्त असलेली एकांकी जलालेखांची कोटीच्या जवळची रुंदी यांच्यात सर्वसाधारण संबंध असतो. या संबंधाचे निष्कर्ष आ. ११ त दाखविले आहेत.

अधिकतम ५० व ७५ टक्के कोटींच्या बरोबरीच्या प्रस्त्रावांच्या कोटीजवळ मापन केलेल्या एकांकी जलालेखांच्या रुंदीची बहुतेक मूल्ये सामावून जातील अशा तऱ्हेने आ. ११ मधील वक्र W–50 व W–75 आरेखित केले आहेत आणि निरनिराळ्या आकारांच्या आणि अपवाहांच्या लक्षणांच्या निःसारण क्षेत्रांतील बऱ्याच एकांकी जलालेखांचा अभ्यास करून ही मूल्यें प्राप्त केलेली आहेत.

आकृति ११ एकांकी जलालेखांचे अत्युच्च बिंदूविरुद्ध रुंदी

एकाद्या विशिष्ट निःसारण क्षेत्रातील एकांकी जलालेख तयार करण्यासाठी जर पर्जन्य – अपवाहासंबंधी खात्रीलायक माहिती उपलब्ध नसेल तर निरनिराळी अधिकतम मूल्यें असलेल्या संश्लेषणात्मक एकांकी जलालेखांची रुंदी नेमस्त-प्रमाणात निश्चित करण्याकरिता आ. ११ मधील वक्र W–50 व W–75 वापरण्यात यावेत. जर खोऱ्यांतील संबंधित भागाकरिता एकांकी जलालेखांची

तक्ता ६ वा.

आ. १० तयार करण्याकरिता जी निःसारण–क्षेत्रे विचारात घेतली होती त्यांची ओळख––

बिंदु क्रमांक	नाला	स्थान
१	वाशिटा नदी, ओक्ला.	मुखाजवळ
२	योघीलाघेनी (Youghiogheny) नदी	सूटेव्हिल, पा.
३	ब्लॅक नदी	लीपर, आर्का.
४	कॅसलमन नदी	मार्कलेटन, पा.
५	साऊथ फोर्क टेन माईल क्रीक	जेफर्सन पा.
६	टर्टल क्रीक	ईस्ट पिटस्बर्ग, पा.
७	कॅनॅकॅडिआ क्रीक	आल्मंड धरणाची जागा, न्यू.यॉ.
८	टायगर्ट नदी	टायगर्ट धरणाची जागा डब्ल्यू. वा.
९	चीट नदी	राउल्स्बर्ग, डब्ल्यू. पा.
१०	अलेघेनी (Allegheny) नदी	किझ्वा, पा.
११	लिटल बीव्हर क्रीक	ईस्ट लिव्हरपूल पा.
१२	शुगर क्रीक	शूगर क्रीक पा.
१३	रेड बॅंक क्रीक	रेड बॅंक क्रीक धरणाची जागा, पा
१४	अलेघेनी नदी	किझ्वा पाच्या वरच्या बाजूस
१५	क्लॅरिअन नदी	क्लॅरिअन पा.
१६	किस्किमिनिटास (Kiskminitas) नदी	व्हॅंडरग्रिफ्ट पा.
१७	चीट नदी	बीव्हर होल, डब्ल्यू., व्हा.
१८	कॉनेमॉघ (Conemaugh) नदी	बो (Bow), पा.
१९	वेस्ट फोर्क नदी	एंटरप्राईझ, डब्ल्यू. व्हा.
२०	लॉरेल हिल क्रीक	उर्सिना, पा.
२१	फ्रेंच क्रीक	उटिका पा.
२२	फ्रेंच क्रीक	सीगरटाऊन (Segartowu) पा.
२३	बफेलो क्रीक	बॅरॅक व्हिल, डब्ल्यू. व्हा.
२४	डंकर्ड क्रीक	बॉब टाऊन, पा
२५	चार्टिअर्स क्रीक	कार्नेजी. पा.
२६	आईल क्रीक	राऊजव्हिल, पा.

२७	रॅक्कून (Raccoon) क्रीक	मोफॅट्स (Moffattas) मिल्स, पा.
२८	यलो क्रीक	हॅमॉडस् व्हिल, पा.
२९	ब्रॉकेन्स्ट्रॉ (Brokenstraw) क्रीक	यंगस् व्हिल, पा.
३०	मिलर्स नदी	बर्च हिल, मॅसॅ.
३१	ॲलेघेनी नदी	फ्रॅंक्लीन, पा.
३२	ॲलेघेनी नदी	व्हॅंडरग्रिफ्ट, पा.
३३	मोनान्गाहेला नदी	धरण क्र. २, पा.
३४	वेस्ट फोर्क नदी	क्लार्क्सबर्ग, डब्ल्यू, व्हा.
३५	टायगर्ट नदी	फेटरमन. डब्ल्यू, व्हा.
३६	मोनान्गाहेला नदी	चार्लेरॉय (Charleroi) पा.
३७	योघियोघेनी (Youghisgheny) नदी	कॉनेल्स् व्हिल पा.
३८	सुस्केहॅना (Susquehana) नदी	टोवॅंडा (Townada) पा.
३९	सुस्केहॅना नदी	विल्क्स-बार (Wilkes Barre) पा.
४०	सुस्केहॅना नदीची पश्चिम शाखा	रेनोव्हा, पा.
४१	सुस्केहॅना नदीची पश्चिम शाखा	वुइल्यम पोर्ट. पा.
४२	जूनिआटा नदी	न्यू पोर्ट, पा.
४३	डेलवेअर नदी	पोर्ट जव्हिस, न्यूयॉर्क.
४४	डेलवेअर नदी	बेल्व्हिडेर, न्यू जेर्सी
४५	ले हाय (Lehigh) नदी	बेथ्ले हेम, पा
४६	श्यूलकिल (Schuylkil) नदी	पॉट्सटाऊन पा.
४७	सुस्केहॅना नदी	टावेंडा, पा.
४८	कॅनिस्टिओ (Canisteo) नदी	आर्कपोर्ट धरण, न्यूयॉर्क.
४९	ऑटसेलिक (Otselic) नदी	व्हिटने पॉइंट, न्यूयॉर्क
५०	वेस्टफिल्ड नदी	नाईटस्व्हिल धरणाची जागा
५१	लायलहन्ना क्रीक	न्यू अलेक्झांड्रा, पा.
५२–५६	मॅहोनिंग क्रीक	डेटन, पा.
५७–५८	कोल्डवॉटर नदी	कोल्डवॉटर, मिस.
५९	सॅडल नदी	लोदी एन्. जे.
६०	व्हिपनी नदी	मॉरिस टाऊन, एन. जे.
६१	रॅमॅपो नदी	महावहा (Mahawah) एन. जे.

६२	रॅमॅपो नदी	पाँपटन लेक, एन. जे.
६३	वॅनॅक (Waneque) नदी	वॅनॅक (Wanaque) एन. जे.
६४–६८	रेड बँक क्रीक	पेन्सिल्व्हानिया
६९	वाशिट। नदी	डर्वुड (Durwood), ओक्ला
७०	स्ट्राबेरी नदी	पौकिप्सी (Poughkeepsie) आर्का.
७१	पेटिट जीन नदी	डूनेव्हिल. आर्का.
७२	पेटिट जीन नदी	ब्ल्यू मौंटन धरणाची जागा, आर्का.
७३	व्हाईट नदीची उत्तर शाखा	टेक्युम्से, (Tecumseh) मो.
७४	व्हाईट नदीची उत्तर शाखा	नॉर्फोक धरणाची जागा, आर्का.
७५	एलेव्हन पाइंट नदी	बार्डले, मो.
७६	फोर्शे–ल–फाव (Fourche la Fave) नदी	ग्रॅव्हेली, आर्का.
७७	(फोर्शे–ल–फाव) नदी	निम्रॉड धरणाची जागा,आर्का.
७८	लिटल रेड नदी	ग्रीअर्स (Greer's) फेरी, आर्का.
७९	रो–विलामेट (Row–Willamette) नदी	डारेना (स्टार), ऑरेगा.
८०	इलिनॉईस (Illinois) नदी	टाहलाक (Tahaquah) ओक्ला.

माहिती उपलब्ध असेल आणि जर अपवाहाच्या प्रमाणांचे नेमस्तपणे प्रतिनिधित्व करण्याकरिता अशा जलालेखात काही फेरबदल करावयाचा असेल तर रुंदीची ज्ञात मूल्यें आ. ११ वर आलेखित करावीत आणि त्या मूल्यबिंदूतून वक्र W–50 व W–75 याना समांतर असे वक्र त्या विशिष्ट खोऱ्याला लागू पडतील असे आरेखित करावे. असे वक्र अनुक्रमे A–A′ व B–B′ या रेषांनी दाखविले आहेत.

२९. Sच्या आकाराचे वक्र जलालेख

एकांकी जलालेखांच्या कल्पनेत, जर एकाद्या निःसारण क्षेत्रांत त्याच क्षेत्रीय वितरणाबरहुकूम आणि त्याच तीव्रतेची लक्षणे असतील अशा तऱ्हेने अतिरिक्त पर्जन्याचे एकमान प्रमाण अनिर्बंधपणे चालू राहिले तर आधारभूत एकांकी जलालेखांच्या प्रमाणात एकामागून एक येणाऱ्या अतिरिक्त पर्जन्याचे एकमानांतून (Unit) अपवाह प्राप्त होईल. विशिष्ट काळाशी संबद्ध अशा अपवाहांच्या संचयामुळे त्याच्या पूर्वीच्या अतिरिक्त पर्जन्याच्या एकसारख्या व सतत प्रमाणांतून निर्माण झालेले एकूण अपवाह–प्रमाण प्राप्त होते. एकांकी जलालेखाच्या पाया-इतक्या कालांतील अपवाहाचे प्रमाण अतिरिक्त पर्जन्याच्या प्रमाणाइतके होईल आणि नंतर ते तसेच स्थिर राहील. या तऱ्हेने निर्माण केलेल्या जलालेखाला S वक्र जलालेख असे संबोधण्यांत येईल. (पहा. आ. १२). वरीलप्रमाणे निर्धारित केलेल्या S वक्र जलालेखांचा अतिरिक्त पर्जन्यांच्या निरनिराळ्या प्रमाणातून संचित झालेल्या राशी दाखविणाऱ्या अपवाहाच्या सामूहिक वक्राशी गोंधळ करू नये.

समान एकांकी जलालेखांच्या मालिकांचे कोष्टक तयार करून त्यावरून S– वक्र एकांकी जलालेखांचे संगणन करण्यांत यावे. कालाच्या स्केलवर एका एकमान पर्जन्याच्या कालावधीइतके त्या एकांकी जलालेखांतील वाढते अंतर ठेवून व विशिष्ट कालाकरिता त्याच्या कोटीचा संचय करून असे कोष्टक तयार करण्यात यावे. कोष्टक ७ आणि आ. १२ मध्ये या पद्धतीपेक्षा जास्त सोयीस्कर पद्धति दाखविली आहे. एकांकी जलालेखांची मूल्ये ज्ञात असतांना टप्प्याटप्प्याने S– वक्र जलालेखांचे संगणन करण्यात येते. पहिल्या १२ तासांच्या एकमान पर्जन्य–कालावधीत एकांकी जलालेख (स्तंभ २, कोष्टक ७) आणि S– वक्र यांची मूल्यें (स्तं. ४) एकसारखी असतात. पहिल्या १२ तासांच्यां कालावधीतील कोष्टक ४ मधील स्तंभ ४ मध्ये दाखविलेल्या S– वक्र मूल्याचे स्तंभ ३ मध्ये स्थलांतर करण्यात येते. आणि दुसऱ्या १२ तासांच्या कालावधी-

कोष्टक ७

एकांकी जलालेख आणि S वक्र जलालेख यांचे संबंध+

कालावधी–तासात	१२ तासांच्या ज्ञात एकक जलालेखावरून S–वक्र जलालेखाचे संगणन.			१२ तासांच्या S–वक्र जलालेखावरून ६ तासांच्या एकक जलालेखाचे संगणन.		
	आ. १२ तील घ. फू. से. त १२ तासाचा एकक जलालेख (३)	आ. १२ तील घ. फू. से. त १२ तासाचा S–वक्र जलालेख (२)	आ. १२ तील घ. फू. से. त १२ तासाचा S–वक्र जलालेख (१)	६ तासांनी सरकवलेला १२ तासाचा S–वक्र जलालेख (१)	६ तासांतील ०.५ इंच R_e पासून अपवाह (स्तंभ ४–५)	६ तासाचा एकक जलालेख (स्तंभ ६ च्या दुप्पट) घ. फू. से. त
१	२	३	४	५	६	७
६	९००	→	९००		९००	१८००
१२	३४००		३४००	→ ९००	२५००	५०००
१८	६९००	९००	७८००	→ ३४००	४४००	८८००
२४	१०१००	३४००	१३५००	७८००	५७००	११४००
३०	१२३००	७८००	२०१००	१३५००	६६००	१३२००
३६	१३६००	१३५००	२७१००	२०१००	७०००	१४०००
४२	१३९००	२०१००	३४०००	२७१००	६९००	१३८००
४८	१३२००	२७१००	४०३००	३४०००	६३००	१२६००
५४	११८००	३४०००	४५८००	४०३००	५५००	११०००
६०	१०३००	४०३००	५०६००	४५८००	४८००	९६००
६६	८९५०	४५८००	५४७५०	५०६००	४१५०	८३००
७२	७६५०	५०६००	५८२५०	५४७५०	३५००	७०००
७८	६४००	५४७५०	६११५०	५८२५०	२९००	५८००
८४	५२५०	५८२५०	६३५००	६११५०	२३५०	४७००
९०	४२००	६११५०	६५३५०	६३५००	१८५०	३७००
९६	३२००	६३५००	६६७००	६५३५०	१३५०	२७००
१०२	२२८०	६५३५०	६७६३०	६६७००	९३०	१८६०
१०८	१५८०	६६७००	६८२८०	६७६३०	६५०	१३००
११४	११००	६७६३०	६८७३०	६८२८०	४५०	९००
१२०	७५०	६८२८०	६९०३०	६८७३०	३००	६००
१२६	५००	६८७३०	६९२३०	६९०३०	२००	४००
१३२	३००	६९०३०	६९३३०	६९२३०	१००	२००
१३९	१५०	६९२३०	६९३८०	६९३३०	५०	१००
१४४	५०	६९३३०	६९३८०	६९३८०	०	०

+सर्व प्रस्राव स्तंभ 1 मध्ये दर्शविलेल्या तासाच्या अखेरीस असलेली क्षणिक मूल्ये आहेत.

नि:सारणक्षेत्र = १२९० चौ. मै. (आ. १२ सुद्धा पहा.)

आकृति १२ एकांकी जलालेख आणि S वक्र जलालेख यांचे परस्पर संबंध

तील एकांकी जलालेख प्रस्रावांत मिळविण्यात येतात, आणि त्यावरून तत्सम S– वक्रांच्या कोटी प्राप्त करण्यात येतात. अतिरिक्त पर्जन्यांच्या आधार-प्रमाणाइतके S– वक्राच्या प्रस्रावाचे प्रमाण येईपर्यंत ही क्रिया चालू ठेवण्यात येते. कोष्टकांतील स्तंभ ४ मध्ये प्राप्त केलेली S– वक्र जलालेखाची मूल्यें प्रथम-पासून ज्ञात होती असे धरून जर वरील पद्धतीच्या उलट पद्धतीचा विचार केला तर तींत अंतर्भूत असलेल्या क्रिया जास्त उघड दिसून येतात. स्तंभ ४ मध्ये दाखविलेल्या प्रस्रावाची मूल्ये शून्य कालावधीपासून आरंभ करून, १२ तासांतील एक इंच अतिरिक्त पर्जन्याच्या एकसारख्या आणि सतत निर्माण होणाऱ्या अपवाहाची प्रमाणे दाखवितात. जर स्तंभ ४ मधील प्रस्रावाची मूल्यें, त्यांची मूळ वेळ १२ तास पुढे सरकवून स्तंभ ३ मध्ये लिहिली तर स्तंभ ४ व ३ मधील मूल्यांतील फरक १२ तासातील एक इंच अतिरिक्त पर्जन्यापासून निर्माण होणाऱ्या अपवाहाचे प्रमाण दाखवितात. (स्तंभ २) (पहा आ. १२)

एकांकी जलालेखाच्या तत्त्वास अनुसरून दर १२ तासांतील एकसारख्या व सतत पडणाऱ्या एक इंच अतिरिक्त पर्जन्याच्या अपवाहाच्या प्रातिनिधिक S– वक्र

कोष्टक ८
एकांकी जलालेखाचे संगणन

(उदाहरण) जलाशय; **सालुदा नदीचे** खोरे एस. सी. स्थान **उपक्षेत्र क्र. १, आ. १५,** निःसारण क्षेत्र १७० चौ. मैल निवडलेला t_R ६ तास ; स्नायडरचे सूत्र L ६६ ; L_{ca} 32 ; $(LL_{ca})^{0.3}$ ९.९ ; C_t २.८ ; t_p ३१.७ $t_r=(t_p/५.५)=$ ५.१ ; ०.२५$(t_R-t_r)=$०.२ ; $LAG_{tR}=$ २८ ; ६४०$C_p=$ ३७० ; $q_{tR}=$ १३.२ घ.फू.से./चौ.मैं. $Q_p=$ १२,८००घ.फू.से.; दर शेकडा उच्चतमता – क्षेत्र – कवलन ४१ ; Sवक्र : Qकमाल = (नि. क्षे.) (२६.६९) (२४/t_R) = (नि. क्षे. / t_R) (६४५.३६) = १०४.३३० घ. फू. से.

ओळ क्रमांक	तासात काल	आलेख क्र. १–A (अ) चाचणी मूल्ये. qtR १३.२; लॅग २८; कवलन ४१ W75 २७; W50 ४४; पायथा १२६			तासात काल	आलेख क्र. १–A (ब) अंतिम मूल्ये. qtR १३.२; लॅग २५; कवलन ४१ W75 २७; W50 ४४; पायथा १२६		
		एकक जलालेख	S–वक्र बजावट	S–वक्र जलालेख		एकक जलालेख	S–वक्र बजावट	S–वक्र जलालेख
१	२	३	४	५	६	७	८	९
१	६	१३००		१३००	६	१३००		१३००
२	१२	४४००	१३००	५७००	१२	४४००	१३००	५७००
३	१८	८२००	५७००	१३९००	१८	८२००	५७००	१३९००
४	२४	११७००	१३९००	२५६००	२४	११७००	१३९००	२५६००
५	३०	१२८००	२५६००	३८४००	३०	१२८००	२५६००	३८४००

६	३६	१२४००	३८४००	५०८००	३६	१२४००	३८४००	५०८००
७	४२	११०००	५०८००	६१८००	४२	११०००	५०८००	६१८००
८	४८	९०००	६१८००	७०८००	४८	९०००	६१८००	७०८००
९	५४	७४००	७०८००	७८२००	५४	७४००	७०८००	७८२००
१०	६०	६०००	७८२००	८४२००	६०	६०००	७८२००	८४२००
११	६६	४८००	८४२००	८९०००	६६	५०००	८४२००	८९२००
१२	७२	३३००	८९०००	९२३००	७२	४१००	८९२००	९३३००
१३	७८	२७००	९२३००	९५०००	७८	३२००	९३३००	९६५००
१४	८४	२०००	९५०००	९७०००	८४	२५००	९६५००	९९०००
१५	९०	१७००	९७०००	९८७००	९०	१८००	९९०००	१००८००५
१६	९६	१३००	९८७००	१०००००	९६	१३००	१००८००	१०२१००
१७	१०२	११००	१०००००	१०११००	१०२	९००	१०२१००	१०३०००
१८	१०८	१०००	१०११००	१०२१००	१०८	५५०	१०३०००	१०३५५०
१९	११४	९००	१०२१००	१०३०००	११४	४००	१०३५५०	१०३९५०
२०	१२०	९००	१०३०००	१०३९००	१२०	२५०	१०३९५०	१०४२००
२१	१२६	४३०	१०३९००	१०४३३०	१२६	१३०	१०४२००	१०४३३०

टीप – सर्व प्रस्राव स्तंभ २ मध्ये निर्दिष्ट केलेल्या तासाच्या शेवटाशी जुळणारी तात्कालिक मूल्ये आहेत. आ. १४ मध्ये दाखविलेल्या वक्रांचाही संदर्भ घेतला आहे.

जलालेखांच्या कोटीना दोनांनी गुणावे म्हणजे सहा तासांच्या कालावधीतील एक इंच अतिरिक्त पर्जन्याच्या प्रमाणांची मूल्यें प्राप्त करता येतील. निरनिराळ्या कालावधीच्या एकांकी वादळातील अपवाहाच्या माहितीपासून विकसित केलेले S–वक्र जलालेख व्यवहार्य मर्यादेत, ऐच्छिक एकमान पर्जन्याच्या कालावधीला लागू करण्या करिता जुळवून घ्यावेत. १२ तासांच्या S– वक्र जलालेखापासून ६ तासांच्या एकांकी जलालेखाचे संगणन को. ७ मधील स्तंभ ५–७ मध्ये करून दाखविले आहे.

वरील उपयोगाशिवाय ही S–वक्र पद्धति जास्त नेमस्त अशी अधिकतम मूल्ये दाखवण्याकरता एकांकी जलालेखात फेरबदल करण्याचे कामी किंवा पुढे चर्चिल्याप्रमाणे पर्जन्यांच्या वितरणातील सौम्य बदल प्रतिबिंबित करण्याकरिता उपयोगी पडते.

३०. संश्लेषणात्मक एकांकी जलालेखाच्या संगणनाचा सारांश

ज्याकरिता खात्रीलायक व पुरेसा पर्जन्य–अपवाहाच्या माहितीचा फायदा मिळत नाही अशा महत्वाच्या वादळी अपवाहाच्या गृहीत जलालेखांचे संगणण करण्या साठी एकांकी जलालेखांचे विकसन करता यावे म्हणून खालील सामान्य क्रिया पद्धतीची शिफारस करण्यात यत आहे.

(अ) अधिकतम प्रस्त्राव, लॅग आणि एकांकी जलालेखांचा सामान्य आकार अंदाजी निश्चित करण्यात यावा. त्याकरिता ज्या निःसारण क्षेत्राच्या विभागातील नाल्याच्या प्रवाहाची माहिती उपलब्ध आहे तेथील जल-विज्ञानविषयक आधार सामग्रीचे विश्लेषण करण्यात यावे. अनेक ठिकाणी या त्रोटक जलविज्ञानविषयक माहितीचा नेहमीच्या पद्धतीने एकक जलालेख तयार करण्याकरिता पुरेसा उपयोग होत नाही. पण अशी माहिती पुष्कळ वेळा संश्लेषणाकरिता फार उपयोगी पडण्याची शक्यता असते.

(आ) निःसारण खोऱ्याच्या प्रातिनिधिक विभागात जर पुरेशी जलविज्ञान विषयक माहिती उपलब्ध असेल तर अ. २६ मधील ८ व ११ या समीकरणांतील C_p आणि C_t या गुणांकांचे मूल्यमापन करावे आणि गृहीत निःसारणक्षेत्रांतील संश्लेषणात्मक एकांकी जलालेखांच्या अधिकतम प्रस्त्रावाचा अंदाज काढण्याकरिता ही मूल्ये वापरावीत

C_p व C_t यांच्या मूल्यमापनाकरिता जर जलविज्ञानविषयक माहिती उपलब्ध नसेल तर स्नायडरनी दिलेल्या गुणांकांची सरासरी मूल्ये तात्पुरती वापरावीत.

(इ) अपवाहांच्या अंतर्भूत असलेल्या लक्षणांची साधारणपणें तुलना करून एका विशिष्ट क्षेत्राकरिता संगणित केलेली एकांकी जलालेखांची अधिकतम प्रस्त्राव मूल्ये तत्सम खोऱ्यांतील आ. १० मधील मूल्याशीं सुसंगत आहेत अगर कसे याचा अंदाज घ्यावा.

(ई) एकांकी जलालेखाच्या अधिकतम प्रस्त्रावाच्या प्रमाणाचे अगदी नेमस्त मूल्य निश्चित करून "एकांकी जलालेखांतील समायोजना" संबंधीच्या नंतरच्या परिच्छेदात दिग्दर्शित केलेल्या पद्धतीनें संश्लेषणात्मक जलालेखाचे संगणन पूर्ण करावे.

३१ एकांकी जलालेखांचे समायोजन

सालुदा नदींतील चॅपेल्स एस. सी. च्या वरील १२९० चौ. मैल निःसारण क्षेत्रातील जलविज्ञान विषयक माहितीवरून प्राप्त केलेल्या आ. १३ मधील ६ तासाच्या एकांकी एक नंबरच्या जलालेखाचे समायोजन करून ते आ. १५ (कोष्टक ८पहा) मधील उपक्षेत्र क्र. १नें दाखविलेल्या ९७० चौ. मैल निःसारण क्षेत्रास लागू करण्यात आले, त्याकरिता ही पद्धति कशी लागू केली याचे हे उदाहरण आहे.

(अ) आ. १३ मधील एक नंबरच्या एकक जलालेखाच्या रुंद्यांचे अधिकतम प्रस्त्रावाच्या ५० व ७५ टक्के इतक्या (कोटीप्रमाणे मापन करण्यात आले आणि ती मूल्ये आ. ११ त आलेखित केली. W–५० आणि W–७५ वक्राशीं समांतर अशा त्या बिंदूतून जाणाऱ्या रेषा A–A आणि B–B′ आरेखित करून आ. ११ त दाखविण्यात आल्या.

(आ) आ. १३ मधील नं. १ च्या एकांकी जलालेखांच्या प्रस्त्रावांच्या कोटि (ऑर्डिनेटस) त्यात संबंध असलेल्या निःसारण क्षेत्राच्या सम प्रमाणात कमी करण्यात आल्या (९७०/१२९० = ०.७५) आणि ही घटित मूल्ये आ. १४ मध्ये परावर्तित जलालेखांना आकार देण्याकरिता मार्गदर्शक म्हणून एक नंबरचा जलालेख आलेखित करण्यात आला.

(इ) चॅपेल एस. सी. च्या वरच्या बाजूच्या १२९० चौ. मैल क्षेत्राच्या नं. १ च्या एकक जलालेखाशी अनुरूप असे C_p व C_t हे गुणांक खालीलप्रमाणे संगणित करण्यात आले.

L_{ca} = ४७ मैल (नकाशावरून मोजलेले)
L = ९२ मैल (,, मापलेले)
$(LL_{ca})^{0.3}$ = १२.३
LAG_{tR} = ३४ तास (आ. १३ पहा)
t_R = ६ तास (निवडलेले मूल्य)
= t_r अगदी जवळच्या तासाइतके
Q_{tR} = १४१००/ दर से. स. घ. फूट (आ. १३ पहा)
q_{tR} = १४१०० / १२९० = १००९ दर से. दर चौ. मै. घ. फू.
C_t = $LAG_{tR}/(LL_{ca})^{0.3}$ (अंदाजी)
= ३४/१२.३=२.८ (स. ८ पहा)
६४० C_p = (LAG_{tr}) (q_{tR})
= ३७० (समीकरण ११ पहा)

(ई) अभ्यासांतर्गत ९७० चौ. मैल निःसारण क्षेत्रात १२९० चौ. मैल क्षेत्राकरिता संगणित केलेले गुणांक C_p आणि C_t लागू पडतात असे गृहीत धरून लहान क्षेत्राला अनुरूप असे अधिकतम प्रस्राव आणि लॅग खालीलप्रमाणे संगणित करण्यात आले.

L_{ca} = ४५ मैल (नकाशावरून मोजलेला)
L = ८५ मैल (,, ,,)
$(LL_{ca})^{0.3}$ = ९.९
(LAG_{tR}) = C_t $((LL_{ca})^{0.3}$
= २.८ (९.९)
= २८ तास
q_{tR} = ६४० C_p/LAG_{tR}
= ३७०/२८
= १३.२ घ. फू. दर. से. स. दर चौ. मै.
Q_{tR} = १२८०० घ. फू. दर से. स. (पहा एकांकी जलालेख १–A आ. १४)

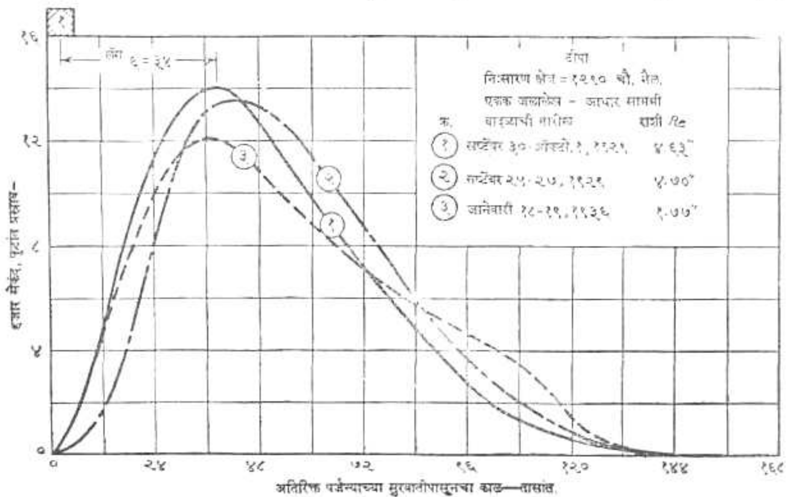
(उ) धरणाच्या जागेच्या वरील ९७० चौ. मैल क्षेत्राकरिता संगणित केलेल्या संश्लेषणात्मक एकांकी जलालेखाच्या अधिकतम मूल्याशीं जुळणारी W '५० आणि W ७५ ची मुल्यें आ. ११ तील वक्र A-A' आणि B-B' वरून घेण्यात आली आणि एकांकी जलालेखाच्या अधिकतमतेच्या प्रत्येक बाजूवर आलेखित केलेल्या बिंदूंच्या स्वरूपात ती ती मूल्यें अंदाजानें आ. १४ तल्या प्रमाणे दाखविण्यात आली.

(ऊ) अंदाजित अधिकतम प्रस्रावातून आणि आ. १४ त दाखविल्याप्रमाणें तात्पुरता "X" या बिंदूत समाप्त होत असलेल्या W ५० आणि W ७५ यांच्या आलेखित मूल्यातून एक तात्पुरता संश्लेषणात्मक एकांकी जलालेख आरेखित करण्यात आला.

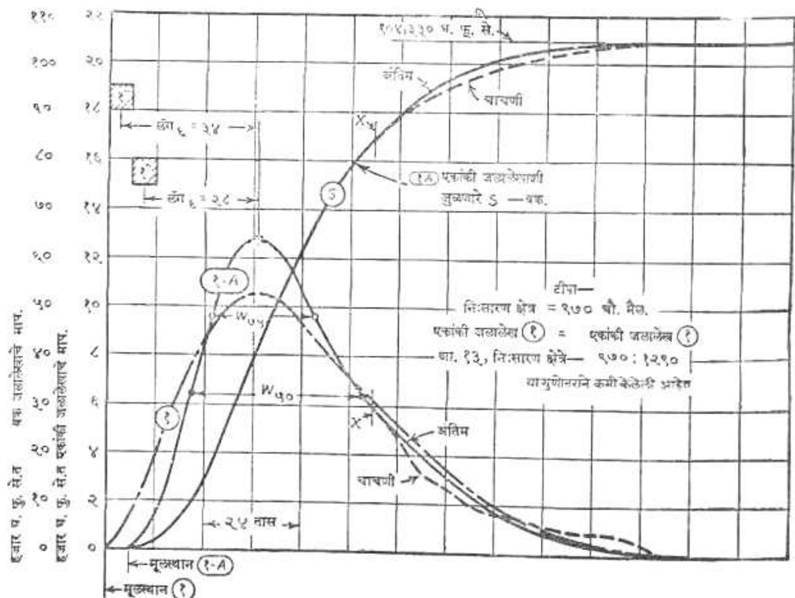
(ए) क्र. 1A हा तात्पुरत्या जलालेखाला अनुरूप असा एक तात्पुरता S वक्र जलालेख "X" या बिंदूपर्यंत संगणित करण्यात आला आणि अत्युच्च कोटी पर्यंत एका सरल वक्राच्या आकारात तो पुढें प्रक्षेपित करण्यात आला. कोष्टक ८ विभाग (a) मध्यें दाखविल्याप्रमाणे प्रायोगिक एकांगी जलालेखाचे संगणन नंतर पुरे करण्यांत आले. आ. १४ मधील अंतिम वक्रांत दाखविल्याप्रमाणें दोन्ही जलालेखांचे स्वरूप अत्यंत तर्कशुद्ध असे प्राप्त होईपर्यंत तात्पुरता एकांकी जलालेख आणि S वक्र जलालेख यांत बारिक सारिक फेरबदल करण्यात आले. अंतिम संगणन को. ८ विभाग (ब) मध्यें दाखविले आहे. S वक्राचें बिनचूक मूल्य ज्ञात असलेल्या एकांकी जलालेखाच्या उजव्या टोकापासून हे फेरबदल करण्यास सुरवात करणें सोयीस्कर असते. आणि तेथून 'X' बिंदूपर्यंत उलट दिशेने संगणन करावयाचे असते. हे करतांना योग्य वाटतील अशी एकांकी जलालेखाच्या कोटीची मूल्ये गृहीत धरण्यात यावी आणि त्यावरून तत्सम S वक्राची मल्यें संगणित करावींत. X या बिंदूजवळ S वक्राचे दोन्ही भाग मिळवण्या-करितां जे फेरबदल करावे लागतात ते अगदी सहज करता येतात.

३२. मोठ्या आणि लहान पुरांच्या जलालेखावरून तयार केलेल्या एकांकी जलालेखांची तुलना

एकमान कालावधींत पडणाऱ्या अपवाह निर्माण होणाऱ्या पर्जन्याच्या राशी-पासून तयार केलेल्या कोणत्याही जलालेखाच्या "कोटी" तितक्याच क्षेत्रांतील



आकृति १३ चॅपेल्स, एस. सी. येथील सालूदा नदीवरील ६ तासांच्या कालावधीचे एकांकी जलालेख



आकृति १४ नि:सारण क्षेत्रांतील बदलामुळे एकांकी जलालेखात करावे लागणारे फेरबदल

पावसाच्या वितरणाकरिता तयार केलेल्या एकांकी जलालेखाच्या तत्सम "कोटींना" पर्जन्य अतिरिक्ताच्या गुणोत्तराच्या मूल्यांनीं गुणून आलेल्या गुणाकाराइतक्या असाव्या लागतात, हे एकांकी जलालेखाच्या व्याख्येत गृहीत धरण्यात येते. परंतु व्याख्येतून अनुमान काढलेला हा संबंध फक्त ठोकळ मानाने बरोबर असतो. कारण विचाराधीन खोऱ्यातील निरनिराळ्या आकाराच्या पुरांच्या काळात अपवाहावर परिणाम करणाऱ्या परिस्थितीत जर मोठ्या प्रमाणात फरक पडला तर अशा संबंधात बऱ्याच प्रमाणांत चूक होईल. मोठ्या संभवनीय तुफानामुळे होणाऱ्या अपवाहाच्या क्रांतिक प्रमाणाचा अंदाज घेण्याकरता, लहान पुरांच्या माहितीवरून तयार केलेल्या एकांकी जलालेखांचा उपयोग करण्यात त्यांतील अंतर्हित बिनचूकपणाचे संभवनीय मान निश्चित करावे. लागेल तशा प्रयत्नात निरनिराळ्या खोऱ्यातील लहान आणि मोठ्या पुरांच्या जलविज्ञानासंबंधीच्या आधारसामग्रीचे विश्लेषण करण्यात आले. तुलनेने एकसारखे क्षेत्रीय वितरण असलेल्या क्षेत्रांतील पर्जन्यापासून निर्माण झालेले सामान्य पूर निवडण्यात आले. प्रत्येक खोऱ्यातील क्रमवर्ती ६ तासाच्या कालावधींत मोठे पूर निर्माण करणाऱ्या तुफानातील पर्जन्य आणि अतिरिक्त पर्जन्याच्या राशीचे संगणन करण्यात आले आणि ज्ञात अतिरिक्त पर्जन्यांच्या मूल्यांना लागू केले असता अभीक्षित जलालेख उद्धृत होतील असे एकांकी जलालेख विकसित करण्यात आले. तीव्र पर्जन्य-वृष्टीच्या अंदाजी बारा तास टिकणाऱ्या एक वा अनेक सरी, सततधारा आणि त्यांच्या जोडीला हलक्या वर्षणाचे कालावधि यांचा परिणाम म्हणून अन्वेषित झालेले बहुतेक मोठे पूर आले. अभिलेखांच्या विश्लेषणांत आणि सामान्य व मोठ्या पुरांच्या एकांकी जलालेखांच्या संगणनात याच सामान्य पद्धती, शक्यतो वर आधारभूत माहितीच्या लक्षणांच्या सहाय्याने, वापरण्यात आल्या. ज्या खोऱ्यांचा विचार करण्यात आला त्यांची प्रदेशरचना प्रमुख प्रवाहाच्या पात्रांच्या बाजूवर चढउताराच्या (rolling) जमिनीपासून शेकडो फूट उंच खड्या टेकड्या पर्यन्त विविध प्रकारची होती.

ज्या सामान्य पुरातील पर्जन्याचे क्षेत्रीय वितरण जवळजवळ एकसारखे आहे अशा साधारण पुरांच्या माहितीचे संगणन करून काढलेल्या पूर जलालेखांच्या अधिकतम प्रस्राव–कोटीपेक्षा मोठ्या पुरांतील प्राप्त करावे लागणाऱ्या पूरजला-लेखाच्या अधिकतम प्रस्राव–कोटी काही थोडे अपवाद सोडून, सतत जास्त होत्या. ज्या बऱ्याच खोऱ्यांचा विचार करण्यात आला आणि खोऱ्यात निःसारण क्षेत्रां-तील अंदाजी ५ इंच खोलीपेक्षा जास्त अपवाह राशी दाखविणाऱ्या मोठ्या पूर-

जलालेखातून तयार केलेल्या एकांकी जलालेखाच्या अधिकतम कोटी, ज्यांचा अपवाह एक अगर दोन इंच होता अशा सामान्य पुराच्या माहितीतून संगणित केलेल्या मूल्यापेक्षा २५ ते ५० टक्के जास्त होत्या. काही थोड्या उदाहरणात हे विचरण यापेक्षाही जास्त होते. पुराच्या अपवाहाच्या आकाराच्या प्रमाणात ही तफावत नव्हती. बहुधा ती अनेक घटकांच्या परिणामावर अवलंबून असावी आणि त्यातील काही विशिष्ट पुरात इतर पुरापेक्षा जास्त परिणामकारक ठरली असावीत.

वर उल्लेख केलेल्या सामान्य आणि मोठ्या पुरांच्या जलालेखापासून तयार केलेल्या एकांकी जलालेखातील फरकांची मुख्य कारणें साधारणपणें खालील असावीत.

(अ) पर्जन्याच्या क्षेत्रीय वितरणातील फरक– सामान्य पुरांतील वाढीचे कारण, साधारण एकसारख्या क्षेत्रीय वितरणातील पावसाचा परिणाम हे असावे असे विश्लेषणावरून दिसते. मोठ्या पुरांच्या वेळचे पर्जन्य-वर्षण बहुधा संपूर्ण निःसारण क्षेत्रावर पडते. परंतु पावसाची तीव्रता आणि त्याची संचितराशी त्या क्षेत्रांत एकसारखी नसते. मोठ्या वादळात, खोऱ्याच्या खालच्या विभागात अगर प्रमुख प्रवाहांच्या नाल्यात अतिरिक्त पावसाची राशी जर तुलनेनें जास्त असली तर सामान्य पुरांच्या वाढीपासून तयार केलेल्या एकांकी जलालेखानीं दर्शविल्यापेक्षा अपवाहाचे जास्त संकेंद्रण होईल.

(आ) जलविषयक संबंधातील फरक– सामान्य पुरात वाढ होत असताना नैसर्गिक नाल्यातील जलउतार (Hydraulic Gradients) सामान्यतः तुलननें कमी असतात. कारण त्या नाल्यात डबक्यांची रांग अस्तित्वात असते. जसजशी मोठ्या पुरातील टप्प्यात वाढ होते तसतशी ही डबकी बुडू लागतात आणि शेकडो चौ. मैल क्षेत्रापेक्षा लहान क्षेत्राच्या खोऱ्यात नाल्यांतील वहाण्याचे प्रमाण बऱ्याच अंशाने वाढते. म्हणून लहान प्रवाहांच्या मोठ्या पूरजलालेखापासून प्राप्त केलेल्या एकांकी जलालेखांत, लहान पुरापासून तयार केलेल्या एकांकी जलालेखापेक्षा जास्त अधिकतम प्रस्रावकोटी असतात. जेव्हा पुराच्या वेळी मोठ्या खोऱ्यात, काठावरील साठ्यात बऱ्याच प्रमाणात वाढ होते तेव्हा टप्याटप्यांच्या पूरवाढीबरोबर नाल्याची वाहकता कमी होण्याची शक्यता असते. परंतु, उपनाल्यातील जास्त कार्यक्षम प्रवाहामुळे अशा घटीला प्रतिकार होतो.

३३ संकलिपत पुरांच्या संगणनाकरता एकांकी जलालेखांची निवड

संभाव्य कमाल पुरांचे जलालेख निस्चित करण्याचे बाबतीत केलेल्या बहुसंख्य जलविषयक अभ्यासात तुलनेने सामान्य पुरांच्या घटने संबंधाच्या माहितीइतकी ही निवड मर्यादित असते. अ. ३२ मध्यें ज्या कारणांची चर्चा केली आहे तदनुसार संकलिपत वादळात पावसाच्या कमाल तीव्रतम कालावधीस लागू पडणाऱ्या एकांकी जलालेखात लहान पुराकरिता तयार केलेल्या एकांकी जलालेखातून दर्शविलेल्या जास्त अधिकतम प्रस्रावाच्या कोटीच्या पेक्षा जास्त उच्च कोटी असतात आणि ते त्या अपवाहाचे जास्त संकेंद्रण दाखवितात आणि असें मानणे बहुधा समर्थनीय ठरते. संकलिपत वादळात अपेक्षित असलेल्या पावसाची तीव्रता आणि क्षेत्रीय वितरणाशी योग्य प्रमाणात तुलना करता येईल अशा पावसाच्या तीव्रता व क्षेत्रीय वितरणातून निर्माण झालेल्या पुरांची जर पुरेशी खात्रीलायक जलविषयक माहिती उपलब्ध असेल तर संकलिपत पूर अपवाहाचा अंदाज करण्या करिता, उपयोगांत आणण्यात येणाऱ्या एकांकी जलालेखाच्या योग्य मूल्यातील अनिश्चितता भरीव प्रमाणात कमी होते. परंतु उपलब्ध असलेल्या जलविषयक माहितीवरून तयार केलेल्या एकांकी जलालेखात, संकलिपत पूर प्रस्रावाचे संगणनात नेमस्त निष्कर्ष प्राप्त होतील अशी खात्री येण्याकरता अपवाहाचे जास्त प्रमाण दिसावे लागते म्हणून त्यांत फेरबदल करण्याची वारंवार जरूरी पडते.

अ. ३१ मध्यें निर्देशन केलेली सामान्य पद्धति जास्त अधिकतम प्रस्राव दर्शविण्याकरिता दिलेल्या एकांकी जलालेखात फेरबदल करण्याकरिता उपयुक्त आहे. क्र.-१-A पेक्षा २५ ते ५० टक्के अधिकतम कोटि जास्त असलेल्या क्र. १ B आणि १-C प्राप्त करण्याकरिता आकृति १५ (b) मध्ये क्र. १–A या एकांकी जलालेखात फेरबदल करण्यात आले व त्याकरतां ही पद्धत मनमानीपणें अनुसरण्यात आली होती. अधिकतमतेच्या ५० आणि ७५ टक्के असलेल्या कोटींच्या वर तीन्ही एकांकी जलालेखांतील प्रत्येकाची रुंदी आ. ११ तील A-A' आणि B-B'' या वक्रावरून प्राप्त केलेली होती.

संकलिपत वादळांतील एकामागून एक येणाऱ्या एक मान कालावधीतील अपवाहाचे प्रमाण अंदाजित करण्याकरिता निवडलेले एकांकी जलालेख त्या त्या संबंधित कालात घडतील असे गृहीत धरलेल्या पर्जन्याच्या क्षेत्रीय वितरणाला लागू करावेत. तुलनेने सौम्य तीव्रतेच्या कालातील पर्जन्य, क्षेत्रीय वितरणांत साधारणतः एकसारखा असतो आणि त्यांतील अपवाहाच्या कार्यक्षेत्राचा (Regimen)

सामान्य पुराच्या माहितीपासून तयार केलेला एकांकी जलालेख लागू करून. अंदाज करावा. असे करणें हे सामान्य नियम म्हणून साधारणपणें समाधानकारक असतें. परंतु, पर्जन्याचा १२ तासांच्या अत्यंत तीव्र कालावधीत, खालच्या खोऱ्यांत अगर प्रमुख प्रवाहाच्या नाल्याचे आसपास, पडणाऱ्या पर्जन्याची खोली, एकूण निःसारण क्षेत्रावरील पडणाऱ्या पावसाच्या सरासरीपेक्षा जास्त असू शकेल आणि पर्जन्याच्या कांतिक वितरणामुळे आणि उपनाल्यातील वरच्या टप्यांतील जलविषयक कार्यक्षमतेच्या लक्षणात वाढ झाल्याने वरील गोष्टी घडून येतात असे गृहीत धरणे योग्य असते. अ. ३२ मध्ये चर्चिल्याप्रमाणे सामान्य आणि मोठ्या पुरापासून तयार केलेल्या एकांकी जलालेखांची तुलना करून प्राप्त केलेल्या निष्कर्षाच्या आधारे असें गृहीत धरणें योग्य दिसतें की संकलित वादळातील १२ तासाच्या अतिरिक्त पर्जन्याच्या मूल्याला लागू केलेल्या एकांकी जलालेखाचा अधिकतम प्रस्राव–कोटि सौम्य तीव्रतेच्या पर्जन्यापासून निर्माण झालेल्या आणि एकसारख्या क्षेत्रीय वितरण असलेल्या अपवाह दर्शविणाऱ्या एकांकी जलालेखापेक्षा २५ ते ५० टक्के जास्त असतो. काही जलालेखात हा फरक यापेक्षांही जास्त असू शकतो. संकलित पूर प्रस्रावाचा अंदाज नेमस्तपणे केला आहे अशी खात्री होण्याकरिता जलविषयक माहितीपासून तयार केलेल्या जलालेखात काही फेरबदल करावे म्हणन घेतलेले निर्णय मुख्यतः विचारशक्तीवर अवलंबून असतात. आधारसामग्रीची वैशिष्टये आणि तिची व्याप्ति, अंदाज करण्याचा उद्देश आणि नेमस्त निष्कर्षाचे महत्व अशा बाबी विचार करण्यालायक आहेत. एखाद्या जलाशयाच्या प्रकल्पामध्ये सांडव्यातील संकलित पुराचे विकसन करतांना एकांकी जलालेखांच्या अंतिम निवडीसंबंधी निर्णय घ्यावा लागतो. तत्पूर्वी संकलित वादळापासून निर्माण होणाऱ्या अपवाहाच्या संकेंद्रणामुळे विविध फरक निर्माण होतात व म्हणून जलाशयातील पाण्याच्या जास्तीत जास्त पातळीत किती वाढ होईल हे निश्चित करणे नेहमीच श्रेयस्कर असते.

३४. जलाशयांतील अंतःप्रवाहाचा एकांकी जलालेख

नैसर्गिक निःसारण खोऱ्यातील लांबट जलाशयाच्या निर्मितीमुळे पूर–अपवाहाच्या कार्यक्षेत्रामध्ये (Regimen) विशेष प्रमाणात बदल होतो. कारण जलाशयाच्या वरच्या बाजूस निर्माण झालेले अपवाहाचे मोठे प्रमाण आणि जलाशयाच्या बाजूच्या क्षेत्रातून प्राप्त होणाऱ्या अपवाहाचे अधिकतम प्रमाण हे दोन्ही एकाच वेळी घडून येतात. नदीच्या नैसर्गिक परिस्थितीत, जलाशयाच्या

परिसरातून जात असता त्या खोऱ्यांतील संचयामुळे व नेहमीच्या घर्षणाच्या निरोधामुळे खोऱ्यांतील वरच्या भागांतील अपवाहात गतिनिरोध होतो आणि त्या अपवाहाची परिणामी गति मॅनिंग सूत्रांत निर्देशित केलेल्या खुल्या नाल्यांतील प्रवाहाइतकी होते. परंतु, धरण बांधणीमुळे खोल जलाशय तयार झाल्यावर जलाशयाच्या वरच्या बाजूच्या जवळील अंतःप्रवाह प्रामुख्यानें स्थानांतर-प्रक्रियनें जलाशयांतून वहातो, आणि अशा अंतःप्रवाहास संवेगाचे नियंत्रण (Momentum Control) असते. तो लांब लहरीच्या वेगाने वहातो आणि अंदाजी ती गति $\sqrt{gd}$ इतकी असते. येथे 'd' ही प्रवाहाची फुटात मोजलेली खोली दाखविते आणि g हे गुरुत्वाकर्षणामुळे होणारे त्वरण (32.2) असते. जलाशयाच्या सीमेच्या आत नैसर्गिक नदीच्या नालीतून या पूरलहरी वाहण्यास लागणाऱ्या वेळेचा अंदाज काही तासांपासून दीडदिवसापर्यंत असू शकतो. परंतु, पूर्ण भरलेल्या जलाशयाच्या वरच्या टोकाजवळ अंतःप्रवाह कार्यक्षम होण्याकरिता लागणारा वेळ तुल्यवादळांच्या बाबतीत, अगदी शून्यापासून काही तासापर्यंत असू शकतो. निःसारण खोऱ्यातील निरनिराळ्या विभागांतील अपवाह एकाच वेळी येण्याच्या काळांतील फरकामुळे पूर्ण भरलेल्या जलाशयांतील अपवाहाचें प्रमाण अशा तऱ्हेने निर्माण होते कीं ते नैसर्गिक नदीच्या बाबतीत धरणाच्या जागी होणाऱ्या अपवाहाच्या प्रमाणापेक्षा बरेच जास्त असते. अर्थात् काही जलाशयात हे फरक किरकोळ स्वरूपाचेही असू शकतात.

सांडव्याच्या संकल्पित वादळाच्या काळात पूर्ण भरलेल्या जलाशयाच्या अंतःप्रवाहाच्या क्रांतिक प्रमाणाचा पुढील पद्धतीनें सहज अंदाज करता येतो. ही पद्धति, युनायटेड स्टेट्स इंजिनिअर खाते, यू. एस. आर्मी, यांच्या लिटलरॉक डिस्ट्रिक्टच्या कार्यालयानें विकसित केलेल्या पद्धतीशी ढोबळ मानानें जुळणारी आहे.

(अ) जलाशयाच्या निःसारण क्षेत्राचे आ. १५ C मध्ये दाखविल्याप्रमाणे उपविभाग पाडण्यात येतात.

(आ) त्या त्या उपविभागाकरिता उपलब्ध असलेल्या जलविषयक माहितीचा उपयोग करून आणि संश्लेषणात्मक एकांकी जलालेखांच्या संगणनाची जोड देऊन एकांकी जलालेख तयार करण्यात येतात. याकरिता पर्जन्याच्या प्रमाणाइतकेच जलाशयाच्या पृष्ठतलावरील अपवाहाचे प्रमाण धरण्यात येते.

(इ) उत्प्लवाच्या जागी जलाशयातील पाण्याच्या पातळीत वाढ होण्यासाठी जलाशयाच्या वरच्या बाजूच्या टोकाजवळ, पुराच्या पाण्यास आत येण्याकरिता लागणाऱ्या वेळेचा अंदाज, स्थानांतरणाच्या $\sqrt{gd}$ वेगाइतका असतो असें धरून करण्यात येतो. जर स्थानांतराला लागणारा जास्तीत जास्त अवधी हा महत्वपूर्ण असेल तर सांडव्याच्या जागेपाशी जलाशयातील पाण्याची पातळी वाढण्याकरिता प्रत्येक नाल्यांतील जलाशयात थेट पाणी पुरविणाऱ्या अपवाहाच्या क्रियेस लागणाऱ्या वेळेचा अंदाज हा, प्रवाहाच्या प्रवासास लागणारा वेळ अंतराच्या प्रमाणात असतो असे गृहीत धरून, करण्यात येतो.

(ई) आधीच्या टप्यात निश्चित केलेले वेळेच्या प्रमाणाचे परस्पर संबंध ज्या कागदावर आलेखित केले आहेत त्यावरच उपविभागांतील एकांकी जलालेख आलेखित करण्यात येतात. (पहा आ १५) उपयोगाच्या सोयीसाठी जलाशयाच्या अगदी निकटच्या अनेक लहान उपक्षेत्रांतील एकांकी जलालेख त्या क्षेत्रांच्या बेरजेला लागू असणाऱ्या एकाएकाकी जलालेखात एकत्रित करण्यात येतात. सांडव्यातील संकल्पित वादळातील पर्जन्याचे निरनिराळ्या क्षेत्रीय वितरणांच्या परिणामाचे मूल्यमापन करण्याकरिता स्वतंत्र स्वरूपांत निरनिराळ्या उपक्षेत्रांतील एकांकी जलालेख राखून ठेवतात किंवा ते अशा तऱ्हेने एकत्रित करण्यात येतात की त्यामुळे (१) मुख्य उपनाल्याकरिता (२) जलाशयाच्या निकटवर्ती असणाऱ्या सामान्य उपक्षेत्राकरिता आणि (३) जलाशयाच्या पृष्ठतलाकरिता निर्माण होणाऱ्या अपवाहांचे स्वतंत्रपणें संगणन करता येते.

(उ) वेगळयावेगळ्या उपक्षेत्रांतील अगर उपक्षेत्रांच्यासमूहातील सांडव्याच्या संकल्पित वादळातील अतिरिक्त पर्जन्याच्या राशीशी संवादी आहेत अशा अपवाह जलालेखांचे संगणन करण्यात येते आणि ते जलाशयातील अंतःप्रवाहाचा मिश्र जलालेख प्राप्त करण्याकरिता योग्य अशा वेळासंबंधा (Time relation) मध्ये एकत्रित करण्यात येतात (आ. १७ पहा). क्रांतिक मूल्ये निश्चित करण्याकरता अशाच प्रकारे पर्जन्याच्या अनेक संभाव्य वाटपांशी जुळणारे गृहीत जलालेख संगणित करण्यात यावे.

(a) नदीतील स्वाभाविक परिस्थितीत धरणाच्या वरील संपूर्ण क्षेत्रा करता एकांकी जलालेख

एकक Re करता

अतिरिक्त पर्जन्याच्या सुरवातीपासूनचा काळ तासांत

हजार सेकंद फूटांत एकक जलालेख प्रवाह

(b) पूर्ण जलाशयास सहाय्यभूत होणाऱ्या उपक्षेत्रांच्या करता एकांकी जलालेख

अतिरिक्त पर्जन्याच्या सुरवातीपासूनचा काळ तासांत

N.C. / S.C.

पेल्हार नाळा मापक

उपक्षेत्र (१)

जलाशयाच्या शीर्षाच्या वरच्या एकूण स्रोत्यांइतके आहे. (नि. क्षे. १७० चौ. मै.)

उपक्षेत्र (२) (एकूण नि. क्षे. १३ चौ. मै.)

उपक्षेत्र (३) (जलाशय पृष्ठ ३.७ चौ. मैल)

धरणाची जागा (नि. क्षे. ११०० चौ. मै.)

(नि. क्षे. १२९० चौ. मैल.)

(C) स्थान नकाशा

माप – मैल

(d) एकक जलालेखांच्या संबंधीची आधार सामग्री

क्र.	एकक कालावधी तास	संबंधित क्षेत्र		शेरा
		ओळख	चौ. मै.	
१-A	६	उपक्षेत्र क्र. (१)	१७०	एकक जलालेख १ आ. १४ च्या इतका
१-B	६	" " (१)	१७०	* क्र. १ A चा पर्याय: शिरोबिंदू - १२५% शिरोबिंदू १ A च्या
१-C	६	" " (१)	१७०	* क्र. १-A " " " १५०% " "
२	६	" " (२)	१३	लहान क्षेत्रांच्या बेरजे करता अंदाजित
३	६	" " (३)	३.७	अपवाहाचा वेग = पर्जन्य तीव्रता.
४	६	धरणाच्या जागेच्या वरचे एकूण क्षेत्र	११००	नदीतील स्वाभाविक परिस्थिती करता
५	१२	" " " " "	११००	" " " "

* क्र. १-A च्या एकांकी जलालेखांत मनमानी बदल करून प्राप्त केलेले

आकृति १५ मांडव्याच्या संकलिप्त पुराची अभिलक्षणे विकसित करण्याकरता वापरण्यात येणारे एकांकी जलालेख–

फ. सांडव्यांतील संकलिपत वादळे

३५ सामान्य विचार–

एखाद्या विशिष्ट खोऱ्यांतील संभाव्य व रास्त अपवाहाच्या राशी आणि त्याच्या प्रमाणाचा अत्युच्च क्रांतिक संयोग दाखविणाऱ्या जलालेखाच्या संगणना-करिता आधारभूत धरलेल्या पर्जन्याच्या अभिलक्षणास सांडव्यातील संकल्पित वादळ अशी संज्ञा येथे देण्यात येत आहे. सांडव्यातील संकल्पित वादळात तीव्र पर्जन्याचा एकच कालावधी अगर त्या क्षेत्रात अपेक्षित अशा पावसाच्या घटनांची मालिका यांचा समावेश होतो. याचाच अर्थ हा की सामान्यपणे वापरांत येणाऱ्या संज्ञेच्या व्याख्येप्रमाणे जर निरनिराळ्या पावसातील वादळाची मालिका निर्माण होणे सयुक्तिकपणे संभाव्य असेल आणि एखाद्याच घटनेपेक्षा जास्त क्रांतिक जलालेख निर्माण करण्याची तिच्यांत क्षमता असेल तर अशी भिन्न भिन्न पावसाळी वादळे म्हणजेच उत्प्लवी संकलिपत वादळे होत.

एखाद्या विशिष्ट निःसारण क्षेत्रांतील संकल्पित क्रांतिक पर्जन्याचा अंदाज निश्चित करण्याकरिता त्या खोऱ्याचा आकार, रचना व त्यांतील अपवाहांच्या तसेच त्या क्षेत्रांतील मोठ्या वादळाच्या हवामानाविषयक लक्षणांचा विचार करण्याची जरूरी असते. काही निःसारण क्षेत्रांत तुलनेने अगदी थोड्या काला-वधीतील अत्यंत तीव्र वादळातून क्रांतिक प्रस्राव निर्माण होतात, तरइतर कमी तीव्र असलेल्या पण जास्त कालावधीतून उत्पन्न होणाऱ्या वादळापासून अतिशय तीव्र पूर निर्माण होतात सामान्य नियम म्हणून असे म्हणता येईल की ज्या हवामानाच्या परिस्थितीत लहान क्षेत्रात अत्यंत तीव्र पर्जन्याचे प्रमाण प्राप्त होते ती परिस्थिती मोठ्या क्षेत्रांत अधिकतम वर्षण उत्पन्न होणाऱ्या परिस्थितीपासून भिन्न असते. (हवामान विषयक संक्षिप्त वेचक माहितीकरिता अ. ६५ परि. १२ पहा.)

एखाद्या विशिष्ट निःसारण क्षेत्रातील संकल्पित क्रांतिक वादळाची अभिलक्षणे सयुक्तिकपणे ठरविण्याकरिता त्या क्षेत्रातील महत्वाच्या वादळांच्या माहितीचा सखोल अभ्यास करावा लागतो आणि प्रकल्पाच्या क्षेत्रातील पर्जन्य व अपवाह-मान यावर स्थानीय परिस्थितीचा काय परिणाम होतो याचे मूल्यमापन करावे लागते. अशा सर्वंकष अभ्यासात ठोकळ मानानें खाली दिलेल्या रूपरेखेचा अवलंब करणे उचित असते.

(अ) ज्यामुळे पर्जन्याचे वेगवेगळे स्वरूप व कालावधी – खोली - क्षेत्र-यांचे परस्पर संबंध निर्माण होतात त्यांच्या वैशिष्ठ्यपूर्ण संयोगांची निश्चिति करण्याकरिता अभ्यासांतर्गत खोऱ्याच्या भोवतालच्या क्षेत्रातील महत्वाच्या बादळांच्या लाक्षणिक अवस्था आणि वर्षणासंबंधी उपलब्ध माहितीचे विश्लेषण करण्यात यावे.

(आ) एकत्रित झालेल्या हवेचे गुणधर्म आणि उच्चतम बादळातील अस्तित्वांत असणारी लाक्षणिक परिस्थिती यांच्या विश्लेषणाच्या आधारे जर प्रत्यक्ष बादळाच्या वेळची परिस्थिती त्या क्षेत्रात निर्माण होणाऱ्या संभाव्य बादळाच्या परिस्थितिइतकी क्रांतिक असेल तर अशा परिस्थितीतील पावसाच्या राशींच्या वाढीच्या प्रमाणात अंदाज करण्यात यावा.

(इ) संबंधित क्षेत्रातील भूरचनेतील अंगाचा व स्थानांतराचा विचार करून अभ्यासांतर्गत निःसारण खोऱ्यात उद्‌भवणाऱ्या प्रत्येक अत्युच्च बादळाच्या अभ्यासाकरिता लागणाऱ्या त्या परिसरातील हवामान विषयक अवस्थांत होणाऱ्या फेरबदलांचा अंदाज करण्यात यावा.

(ई) अत्युच्च बादळाच्या काळात हवामानाची जास्त तीव्र परिस्थिती निर्माण झाली असल्यास त्या पावसाच्या राशीतील वाढ आणि अभ्यासांतर्गत खोऱ्यातील त्या त्या बादळांचे स्थानांतर करण्याकरिता लागणारे समायोजन करून, त्या विशिष्ट निःसारण क्षेत्रांतील, वर्षातील निरनिराळ्या ऋतुमानांतील, क्रांतिक पर्जन्य–कालावधी–खोली–क्षेत्र दर्शविणाऱ्या अंदाजाची निवड करण्यात यावी.

(उ) बर्फाच्या मोसमातील क्रांतिक बादळी पर्जन्याच्या जोडीला, वितळणाऱ्या बर्फापासून निर्माण होणाऱ्या पूर अपवाहाच्या भागीदारीचे प्रमाण आणि त्याची अधिकतम राशी यांचे अंदाज द्यावेत.

(ऊ) निरनिराळ्या मोसमात अस्तित्वांत असणाऱ्या किमान झिरपण शक्तीची संभवता आणि बर्फाच्या मोसमात बर्फ वितळून मिळणाऱ्या अपवाहाची जास्तीत जास्त भर ही विचारात घेऊन संबंधी प्रकल्पाकरिता क्रांतिक अपवाह जलालेख निष्पन्न होईल अशा संकल्पित बादळी अंदाजाची निवड करण्यात यावी. काही प्रकल्पांत अपवाहाची राशी आणि प्रमाण यांचे क्रांतिक संयोग निश्चित करण्याकरिता दोन अगर अधिक पर्जन्यांच्या जलालेखांचे संगणन करणें जरूरीचे असते.

वर उल्लेख केलेल्या अभ्यासाची स्थूल व्याप्ति लक्षात घेता या प्रकरणात त्या संबंधीच्या पद्धतींची खुलासेवार व्याप्ति देणें व्यवहार्य होणार नाही. वादळी पाऊस आणि वितळलेल्या बर्फाचा अपवाह यांच्या अभ्यासासंबंधी माहिती करिता, केंद्रीय व राज्यांतील संस्थांची तांत्रिक प्रकाशने पहावी (अ. ६५, प.१३ २४ पहा). आधीच्या परिच्छेदात ज्यांची कल्पना दिलेली आहे त्या हवामान विषयक सखोल अभ्यासाकरिता आधारसामग्रीचे व्यापक संकलन करावे लागेल या अभ्यासाकरिता बराच काल लागेल व अनुभवी माणसांची मदतही घ्यावी लागेल हे उघड आहे जरी हे खास व्यापक अध्ययन करणें पूर्णपणें समर्थनीय असले आणि महत्वाच्या प्रकल्पांचे बाबतीत अत्यंत इष्ट असले तरी पुष्कळ वेळा लागलीच मिळणाऱ्या माहितीच्या आधारे संकलित वादळी पर्जन्याचा अंदाज तयार करण्याची जरूरी असते. संकलित वादळी पर्जन्याचा अंदाज निश्चित करण्यात ज्या विशिष्ट समस्या उभ्या राहतात आणि व्यापक हवामान विषयक अभ्यासांचे निष्कर्ष उपलब्ध नसते तर ते तयार करण्याकरिता ज्या सामान्य पद्धति वापरण्यात येतात त्यासंबंधी पुढील परिच्छेदात उहापोह केला आहे.

३६ बर्फविरहित ऋतुकालीन संकलित वादळांचा ठोकळ अंदाज–

१००० चौ. मैलापेक्षा कमी असलेल्या निःसारण क्षेत्रातील क्रमवर्ती एकांकी कालावधींतील संकलित वादळातून अपेक्षित पर्जन्यराशींचे अंदाज त्या निःसारण क्षेत्रांत पडणाऱ्या (पावसाच्या) सरासरी खोलीच्या रूपात देण्यात येतात आणि तीव्र पर्जन्यातील वाढींचा क्रांतिक अनुक्रम, एकांकी जलालेख वापरून मन-मानी ठरविण्यात येतो. लहान खोऱ्यांतील झिरपण निर्देशांकाची निवड करण्या-करिता संकलित वादळी पर्जन्याच्या क्षेत्रीय वितरणातील नेहमीच्या फरकांचा योग्य तऱ्हेने उपयोग करण्यात यावा तसेच तेथील क्रांतिक परिस्थिति दर्शविण्या-करिता एकांकी जलालेखाचा विकास करण्याकरता वरील फरकाचा उपयोग करावा. परंतु, मोठ्या निःसारण खोऱ्यातील अधिकतम संभाव्य पूर निश्चित करण्याकरिता ,संकलित वादळांच्या एकामागून एक येणाऱ्या कालावधीतील पर्जन्याच्या क्षेत्रीय वितरणासंबंधी निश्चित अंदाज किंवा धारणा लक्षांत घेण्याची जरूर असते. याची मुख्य कारणे खालीलप्रमाणे आहेत–

(अ) वादळाच्या कालावधीतील झिरपणाची संधि जमिनीच्या झिरपण शक्तीपेक्षा जास्त तीव्र शक्ति असलेल्या, पावसाने व्यापलेल्या क्षेत्राच्या प्रमाणात असते. जर संकलित विशिष्ट वादळी कालातील वर्षण,

नि:सारण क्षेत्राच्या काही भागावरच झाले आणि पर्जन्याची तितकीच राशी समान प्रमाणांत सर्व खोऱ्यांत विभागली गेली तर इतर सर्व बाबी समान असताना जी झिरपण हानी होईल त्यापेक्षा ही झिरपण हानी कमी होते.

(आ) अतिरिक्त पर्जन्याच्या कालावधीत जसजशी वाढ होते तसतशी गृहीत मातीतील झिरपणशक्ति कमी होते म्हणून खोऱ्यांतील त्याच भागात पडणाऱ्या पावसाच्या लागोपाठच्या दोन कालावधीतील झिरपणहानी, पावसाच्या तितक्याच राशीचे त्या खोऱ्यात समान प्रमाणात वर्षण झाले असता होणाऱ्या झिरपणहानीपेक्षा कमी असते.

(इ) विशषेकरून व्यापक नि:सारण क्षेत्रांत, जेथे लागोपाठच्या संकल्पित वादळाच्या कालावधीतील अतिरिक्त पर्जन्यराशींच्या टिकाणात व्यापक प्रमाणात फरक पडण्याची शक्यता असते अशा खोऱ्यातील लागोपाठच्या वादळी काळांतील पर्जन्य केंद्रांच्या स्थानांचा दिलेल्या अतिरिक्त पर्जन्यराशींतून निर्माण होणाऱ्या अपवाहाच्या कार्य क्षेत्रावर फार मोठा परिणाम होण्याचा संभव असतो.

अनेक महत्वाच्या वादळांच्या अभ्यासात असे दिसून आलें आहे की कित्येक हजार चौ. मैल क्षेत्रावर पडणाऱ्या तीव्र पावसाचे स्वरूप बऱ्याच भिन्न प्रकारचे असू शकते आणि त्याची अधिकतम तीव्रता वर्षणाच्या कालावधीच्या सुरवातीस, मध्यावर आणि अखेरीस निर्माण होण्याची शक्यता असते. थोड्या हजार फुटा-पेक्षा कमी उंच असलेल्या टेकड्यांचा, काही पर्जन्याच्या स्वरूपनिर्मितीच्या-वारंवारतेवर परिणाम होतो. पण काही असाधारण वादळी परिस्थितींत पर्जन्याच्या सामान्य स्वरूपांत मूलगामी फरक घडून येण्याची शक्यता वगळता येत नाहीं असे दिसून आले आहे. मध्य युनायटेड स्टेटसवर वहाणाऱ्या वायुराशींच्या हाल-चालींची नेहमीची दिशा बहुसंख्य समपर्जन्य रेषांचे मुख स्थूलमानानें नैऋत्य–ईशान्य रोखाकडे करण्यास कारणीभूत झाली आहे. परंतु, अनेक हजार चौरस मैलावर निर्माण होणाऱ्या पुष्कळ महत्वाच्या वादळांचे स्वरूपात त्यांचे मुख्य अक्ष नेहमीच्या दिशेच्या काटकोनात असल्याचे आढळून आले आहे. वरवर पहाता पर्जन्याच्या स्वरूपासंबंधी आणि त्याच्या तीव्रतेतील फरकासंबंधी पुष्कळच व्यापकता, तुलनेने लहान अशा खोऱ्यांतील, संकल्पित वादळांची अभि-लक्षणे विकसित करण्यात लागणाऱ्या हवामान विषयक कारणाशी असंबद्ध न

होता, आणता येईल. महत्वाच्या धारणांच्या सांडव्यांची क्षमता निश्चित करण्या-करिता वापरण्यात येणाऱ्या संकल्पित वादळी पर्जन्याचा अंदाज करतांना उच्च दर्जाचा नेमस्तपणा राखावा लागतो. पावसाच्या राशींतील कोणतीही वाढ आणि अगर पर्जन्यवाढीचा अनुक्रम अगर स्वरूप यांतील कोणतेही फेरफार जे क्रांतिक संकल्पित वादळांच्या नेमस्त अंदाजांची खात्री करण्यासाठी जरूर असतात त्यांचा स्वीकृत अंदाजपत्रकांतही समावेश करण्यात यावा.

संकल्पित वादळाच्या संख्यात्मक अंदाजाचा विकास करण्याकरिता तीन पद्धति सामान्यपणें, वापरात आहेत.

पद्धत १. एखाद्या गृहीत प्रदेशात जेथे बऱ्याच संख्येने वादळे होण्याची शक्यता आहे तेथील पावसाच्या माहितीवर आधारलेली, तत्संबंधी क्षेत्राच्या आकारास अनुरूप अशी अधिकतम पर्जन्यखोली–कालावधीसंबंधाची संगणनें आणि गृहीत खोली–कालावधीच्या वक्राच्या अनुरूप अशा पर्जन्यराशींचा क्रांतिक क्रम दाखविण्याकरिता समवृष्टि आलेखांचा विकास करणे

पद्धत २. गृहीत निःसारण खोऱ्यातील प्रत्यक्ष वादळांतील समवष्टी आलेखांच्या स्वरूपाचे, पर्जन्यवाढीचे स्वरूप अगर कालानुक्रम यांच्या स्वरूपात फार महत्वाचा बदल न करता, त्या क्रांतिक जागी स्थानांतर करणें.

पद्धत ३. अभ्यासांतर्गत खोऱ्याशी तुलना करता येईल अशा क्षेत्रातील पर्जन्य वाढीचे केंद्रीकरण व अधिक क्रांतिक क्रमवारी निष्पन्न होईल अशा तऱ्हेने फरक पडणारे ज्ञात वादळातील पावसाळी क्षेत्राच्या बदलांचे प्रमाण आणि/अगर दिशा गृहीत धरण्यात येतात अशा सुधारित स्थानांतर पद्धतीचे अवलंबन करणें यात जे फेरबदल गृहीत धरण्यात येतात. ते हवामान पद्धती वरून भाकित करण्यात आलेले असतात.

थोडया हजार चौ. मैलापेक्षा लहान खोऱ्यांतील सांडव्याच्या संकल्पित वादळाचा अंदाज करण्याकरिता अत्यंत सोपी क्र. १ ची पद्धति वापरता येते. ही पद्धत जास्त मोठया खोऱ्याकरिताही असेच अंदाज करण्याकरिता वापरण्यास हरकत नाही. पण वादळाच्या लागोपाठच्या कालावधीतील पर्जन्याची राशी व क्षेत्रीय वितरणाचा अंदाज करतांना जास्त प्रमाणात अदमास करण्याची जरूरी असते. क्र. २ ची पद्धत सर्व आकाराच्या क्षेत्रास लागू करता येते पण थोडया हजार मैलापेक्षा जास्त क्षेत्राच्या खोऱ्यातील अभ्यासाकरिता ती जास्त

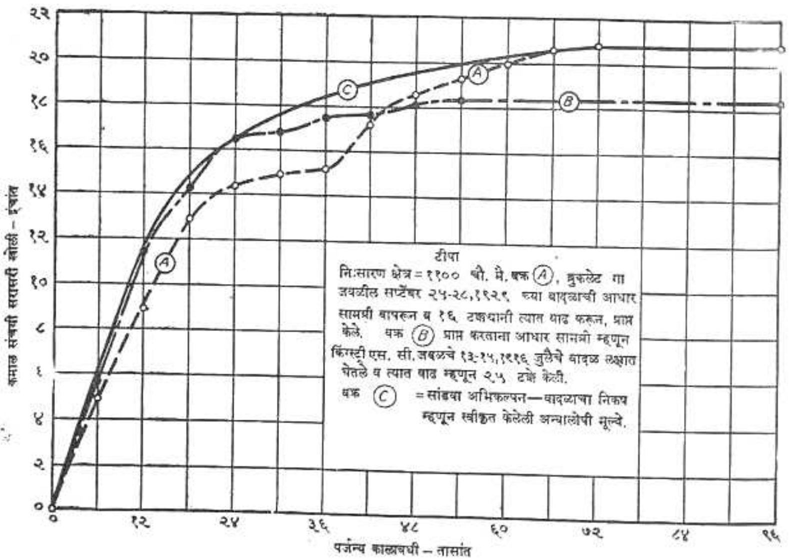
उपयुक्त आहे. मात्र अशा क्षेत्रात लागोपाठच्या कालावधीतील वादळांतील पर्जन्याची तीव्रता व क्षेत्रीय वितरण यांचा झिरपण हानी आणि अपवाहाचे केंद्रीकरण यावर महत्वाचा प्रभाव पडला पाहिजे. शक्य तर लहान सहान फेरबदल करून संकलित वादळाची कसोटी म्हणून उपयुक्त होतील अशा वादळांची माहिती उपलब्ध असेल तर तसल्या अभ्यासाकरिता या पद्धतीचा उपयोग मर्यादित असतो. मोठ्या निःसारण खोऱ्यातील अभ्यासाकरिताच ३ ऱ्या पद्धतीची सामान्यपणें जरूरी असते.

३७. पद्धत १ ली. अधिकतम पर्जन्यखोली–कालावधी संबंधी आधारसामग्री आणि पर्जन्याची अतिरिक्तता

काही हजार चौ. मैल क्षेत्रापेक्षा लहान क्षेत्र असलेल्या खोऱ्यातील संभाव्य अत्युच्च पर्जन्याच्या प्रमाणाचा अंदाज तयार करण्याकरिता सामान्यतः असें गृहीत धरणें योग्य असते की एखाद्या विशिष्ट क्षेत्रातील अनेक ज्ञात वादळांतील गृहीत आकाराच्या क्षेत्रफळावरील अभीक्षित सरासरी अधिकतम खोली-इतक्या पर्जन्यराशी त्या क्षेत्रातील तत्सम क्षेत्रावर पडतात. मात्र संबंधी केंद्राच्या प्रदेशवर्णनांत फारसा फरक असता कामा नये किंवा त्या खोऱ्याचा आकार अतिशय उंच सखल असता कामा नये. मोठ्या वादळांचे समपर्जन्यस्वरूप त्या निःसारण खोऱ्याच्या आकाराशी क्वचितच तंतोतंत जुळते म्हणून खोली–क्षेत्रफळ वक्रावरून घेतलेली पर्जन्यमूल्यें विशिष्ट खोऱ्यावर स्थानांतरित केलेल्या वादळापासून प्राप्त केलेल्या पर्जन्यमूल्यापेक्षा साधारणपणे १० ते १५ टक्के जास्त असतात. ही गोष्ट अंतिम सुरक्षा मर्यादा ठरविताना लक्षांत घेण्यात यावी. अभ्यासांतर्गत खोऱ्याशी जुळणाऱ्या क्षेत्रावर पडणाऱ्या पर्जन्याच्या सरासरी अधिकतम खोलीचे निरनिराळ्या काला-वधीकरितां संगणन करण्यात यावे आणि विविक्षित कालावधीमध्यें (अ. ६५ प. १७) पडणाऱ्या पावसाच्या राशी ठरविण्याकरिता आधार म्हणून अ. १२ त दर्शविल्याप्रमाणे समूह–(Mass) पर्जन्य–वक्रांचा उपयोग करावा. आ. १६ त अधिकतम पर्जन्यखोली–अवधि–वक्रांची उदाहरणे दिली आहेत. दोन मोठ्या वादळांच्या अधिकतम खोली-अवधींच्या माहितीवर वक्र A आणि B ही आधार-लेली आहेत. आणि अ. ३५ मधील उपपरिच्छेद ब व क मध्यें उल्लेखिलेल्या सवलतींचा अंतर्भाव करणे हा त्यात उद्देश आहे. वक्र A व B यावरून दर्शित केलेली सर्व मूल्ये समाविष्ट करण्यासाठी वक्र 'C' हे रेखित केले आहे.

एखाद्या नि:सारण खोऱ्यांतील अधिकतम पूर-नि:सारण निर्माण करण्याकरिता लागणारे पर्जन्य-खोली आणि कालावधी यांचे परस्पर संबंध तीव्र पर्जन्यापासून निर्माण होणाऱ्या अपवाहाच्या प्रमाणात अधिक मिश्रितकरण्याकरिता उपलब्ध असलेल्या नैसर्गिक (Modulat) आणि कृत्रिम जलाशयातील साठ्याच्या राशीवरून अंशत: निश्चित केले जातात.

तुलनेने कमी प्रमाणात ,लहान खोऱ्यातील संचयक्षमता असलेल्या नि:सारण खोऱ्यात आ. १६ तील वक्र B शी जुळणाऱ्या पर्जन्याच्या अपवाहाचे अधिकतम प्रमाण वक्र A त दाखविलेल्या अधिक राशी असलेल्या कमी तीव्र असलेल्या पर्जन्यापासून प्राप्त होणाऱ्या अधिकतम प्रमाणापेक्षा जास्त असण्याची शक्यता असते. मोठ्या खोऱ्यांतील संचय क्षमता दाखविणाऱ्या खोऱ्यात याच्या उलट परिस्थिति असण्याची शक्यता असते. नैसर्गिक नि:सारण खोऱ्यात कृत्रिम जलाशय निर्माण करण्याने, धरणाच्या निकटच्या खालच्या बाजूस उद्भवणाऱ्या पुराच्या अपवाहाच्या प्रमाणावर परिणाम होईल अशी संचय क्षमता कमी किंवा जास्त होण्याची शक्यता असते



आकृति १६ अधिकतम पर्जन्यखोली—कालावधी वक्र.

या फरकाचे मान महत्वपूर्णपणें स्वीकृत सांडव्याचा आकार व प्रकार यावर अवलंबून असते. इतके की सामावित पर्जन्य-खोली-अवधि-वक्राने मूलभूत वादळात निर्दशित केलेल्या अधिकतम राशी आणि अधिकतम तीव्रता निर्दशित केल्या जातात, त्यावरच तयार केलेला संकल्पित वादळी अंदाज कुठल्याही मूलभूत वादळांच्या पेक्षां अधिक काटेकोर असल्याची ख त्री होते आणि नैसर्गिक वा कृत्रिम जलाशयांच्या निःसारण वैशिष्ट्यांचा विचार केल्याशिवाय ही खात्री करता येते.

एखाद्या विशिष्ट वादळात खोली-कालावधी वक्रावरून प्राप्त केलेल्या जला-लेखापेक्षा खोली-कालावधी सामावणाऱ्या वक्रावर आधारित पर्जन्याच्या अंदाजा पासून तयार केलेले गृहीत जलालेख जरी जास्त नेमस्त असले तरी त्यातील फरक फारच थोडा असण्याची शक्यता असते. पुराच्या अपवाहाचे जलद केंद्री-करण आणि खोऱ्याची लहान जलसंचयक्षमता ही लक्षणें असलेल्या खोऱ्यांत तुलनेने कमी कालात, तीव्रतम पर्जन्यापासून क्रांतिक पूर निर्माण होतात. अशा वादळात लांब कालावधीच्या पर्जन्यापासून निर्माण होणाऱ्या अपवाहामुळे पुराच्या अधिकतमतेत जाणवेल अशी वाढ होत नाही पण फक्त पुराचा कालावधी लांबविला जातो. या उलट, मोठी नैसर्गिक अगर कृत्रिम जलसंचय क्षमतेची ज्या खोऱ्यात लक्षणें दिसतात तेथे अल्प कालावधीतील मोठ्या प्रमाणात निर्माण होणारा अपवाह आणि तीव्रतर पर्जन्य यात बऱ्याच प्रमाणात अधि-मिश्रण (modulation) होते व जास्त कालावधीच्या पर्जन्याचा परिणाम फार महत्वाचा ठरतो. गृहीत जलालेखांच्या संगणनात उपयोग करण्याकरिता, वेळेच्या सोयीस्कर अशा एकांकी कालावधींतील पर्जन्यराशींचे अंगीकृत सामावित खोली-कालावधी-वक्रावरून मापन करण्यात येते. त्याकरता अंदाजी १०० चौ. मैलापेक्षा मोठ्या क्षेत्राकरिता ६ तासांचा एकांकी कालावधी हे सोयीस्कर प्रमाण आहे. अपवाहांचे क्रांतिक प्रमाण प्राप्त करण्याकरता पर्जन्या च्या वाढीच्या क्रमवारीची जरूरी असते. ही क्रमवारी, निरनिराळ्या वाढीच्या गटांना एकांकी जलालेख–चाचणी करून मनमानी लावून निश्चित करता येते आणि कागद पत्रावरूनही असे दिसून येते की अत्युच्च पर्जन्याची तीव्रता वर्षणाच्या कालावधीच्या प्रारंभी, मध्ये अगर शेवटी घडून येण्याची शक्यता असते. आकृति १७ मधील समवृष्टि आलेखामध्ये पावसाच्या वाढीचा असा विशिष्ट क्रम दाखविलेला आहे.

अंगीकृत सामावित खोली-कालावधी-वक्राशी जुळणाऱ्या पर्जन्यराशी निर्माण होणाऱ्या संकल्पित वादळापासून अपेक्षित अशा अधिकतम पर्जन्यवाढीच्या संभाव्य राशींचा अंदाज प्राप्त करण्याकरता खालील पद्धति वापरण्यात यावी—

(अ) ज्या ऋतूत संकल्पित वादळ येण्याची शक्यता आहे अशा ऋतूत अभ्यासांतर्गत खोऱ्यातील अपेक्षित किमान प्रारंभिक हानी आणि झिरपण निर्देशांकाची मूल्ये त्या विशिष्ट खोऱ्यांतील जल विज्ञान-विषयक माहितीचे विश्लेषण करून अंदाजित करण्यात यावीत.

(आ) संकलिपत वादळाच्या प्राथमिक कालावधीतील पर्जन्यराशीपासून संचयी (accumulative) पर्जन्यराशी प्रारंभिक हानी इतकी होईपर्यंत अपवाह निर्माण होत नाही असे समजावे. आणि त्यानंतर किमान झिरपण निर्देशांकाइतके हानीचे समप्रमाण धरण्यात यावे. आकृति १७ मधील समावृष्टि आलेखाच्या खालील कोष्टकात दिलेल्या माहिती-वरून या संगणनाची कल्पना येईल.

वर निर्देशित केल्याप्रमाणे अतिरिक्त पर्जन्यराशीचा अंदाज करण्याकरिता असें गृहीत धरण्यात येते कीं संकल्पित वादळातील लागोपाठच्या कालावधी-तील अतिरिक्त पर्जन्याकरिता साधारणपणे झिरपन निर्देशांक प्राप्त करण्या-करिता वादळात जे क्षेत्रीय वितरण लागले, तितकेच लागते. असे गृहीत धरण्यात जर गंभीर चुका होण्याची शक्यता असेल तर संकलिपत वादळी अंदाज तयार करण्याकरिता २ री अगर ३ री पद्धत वापरण्यात यावी. त्यामुळे पर्जन्याच्या सातत्यातील आणि क्षेत्रीय वितरणांतील संभाव्य फेरबदल बऱ्याच बारकाईने अंदाजित करण्यात येतील. सामान्यपणें झिरपणहानीचा अंदाज. करण्यात येणाऱ्या महत्वाच्या चुकांची संभाव्यता संबंधित निःसारण क्षेत्राच्या आकारात होणाऱ्या वाढीबरोबर आणि त्या खोऱ्यातील झिरपण-क्षमतेंत होणाऱ्या वाढीबरोबरही वाढत जाते.

३८. पद्धत २ री. सर्वोच्च वादळाचे स्थानांतरण व पर्जन्याच्या आधिक्यांचे अंदाज

पर्जन्यराशी व त्यातील तीव्रतेच्या तफावतीच्या संबंधात उत्प्लवी संकलिपत वादळाचा अंदाज करण्याकरिता वाजवी आधार म्हणून प्रत्यक्ष अधिकतम वादळाच्या उपलब्ध माहितीचा उपयोग करणे शक्य असते. पुढीलप्रमाणे अशा माहितीचा सोयीस्करपणे उपयोग करता येतो.

FIG. 17

आकृति १७ संकल्पित उत्प्लवी वादळातून निर्माण होणाऱ्या अपवाहाचे गृहीत जलालेख.

(अ) गृहीत निःसारण खोऱ्याचा आराखडा एका निवडलेल्या अधिकतम वादळाच्या एकंदर वादळाच्या समवृष्टि रेखाचित्रावर, अशा तऱ्हेने अध्यारोपण करावा की अत्युच्च पर्जन्यराशींच्या जागा त्यावर दाखविता येतील व त्यापासून अत्युच्च पूर अपवाह प्राप्त करता येईल.

(ब) थायसन बहुभुज (Polygon) आकृतीचे ,खोऱ्यातील व खोऱ्याच्या आसपासच्या अवक्षेपण (precipitation) केंद्राकरता त्यांच्या स्थानांतरित अवस्थांत, जाळे तयार करावे. संबंधित केंद्राकरिता पर्न्जयराशि वक्र (mass rainfall curve) तयार करावे आणि प्रत्यक्ष पुरापासून अंतर्गलन निर्देशांकाचे संगणन करण्याकरिता जी पद्धती अवलंबिली जाते, अगदी त्याच पद्धतीने पर्जन्याचेविश्लेषण पुरे करण्यात यावे. (पहा सा. ४ भाग १).

(क) जरूरीप्रमाणे संबंधित कारणाकरता उपयुक्त अशा पुरेशा संकलिपत वादळी पर्जन्याचा पुरेसा अंदाज प्राप्त करण्याकरता, निरीक्षण केलेल्या पर्जन्यमूलयांत घट अगर वाढ करावी.

(ड) निर्दिष्ट खोऱ्यातील आणि समान क्षेत्रातील प्रत्यक्ष पुराचे विश्लेषण करून काढलेल्या माहितीच्या आधारे संकलिपत पुराचे बाबतीत लागू होईल अशा प्रारंभिक हानी आणि अंतर्गलित निर्देशांकांच्या किमान-मूल्यांची निवड करावी आणि अंतर्गलित निर्देशांक प्राप्तकरण्याकरिता वापरण्यात आलेल्या पद्धतीस अनुसरून तत्सम अतिरिक्त पर्जन्य राशींचे अंदाज घ्यावे (पहा सा. ४ भाग २).

(ई) आ. ८ मध्ये दर्शवि याप्रमाणे संबंधित विभागाकरिता पर्जन्य आणि अतिरिक्त पर्जन्याची माहिती आलेखित करावी. जर पूर-मार्ग-निर्धारणाच्या पद्धतीने उपनाल्यातील पूरप्रवाह एकत्र करावयाचे असतील तर निवडलेले विभाग त्या त्या उपनाल्यांच्या खोल्यांशी सहज जुळतील असे असावे.

३९. पद्धत ३ री. परिवर्तित वादळांचे स्थानांतरण :—पर्जन्याच्या आधिक्याचा अंदाज.

फार मोठ्या निःसारणक्षेत्रातील समीक्षणात्मक (critical) संकलिपत वादळाचा अंदाज निश्चित करताना येणाऱ्या समस्या लहान खोऱ्यातील त्याचप्रकारच्या अंदाजाबाबतच्या समस्यापेक्षा काहीशा भिन्न

असतात. सामान्यतः लहान खोऱ्यातील समीक्षणात्मक पूर तुलनेने अल्पकालावधीतील लहान क्षेत्रांतील अत्यंत तीव्र वादळातून प्रामुख्याने निर्माण होतात. पण मोठ्या खोऱ्यातील सर्वात मोठे पूर सामान्यतः मोठ्या क्षेत्रांतील कमी तीव्र अशा पुरांच्या मालिकेतून निर्माण होतात. निरनिराळ्या वेळेच्या कालावधीतील विस्तृत क्षेत्रांतील पर्जन्यांच्या अपेक्षित अशा जास्तीत जास्त राशींची संगणन करणे जरूरीचे असते. इतकेच नव्हे तर निरनिराळ्या एकामागून एक येणाऱ्या कालावधीतील वास्तविक शक्यता असलेल्या वादळातील पर्जन्यराशींचे अत्यंत समीक्षणात्मक विवरण व ठावठिकाणा यांचाही अंदाज घेणे जरूर आहे. (पहा अ. ३६)

अ. ३५ मध्ये आरेखित केल्यासारखे व्यापक प्रमाणांत हवामान विषयक अभ्यासांचे, योग्य आणि नेमस्त असे मोठ्या निःसारण क्षेत्रातील उत्प्लवमार्गाच्या संकलिपत वादळाचे अंदाज निश्चितकरण्या करिता, पाया म्हणून विशेषतः महत्व असते. जेव्हा स्थूलमानाने अंदाज करण्याची जरुरी असते तेव्हा पुढे दिलेल्या सारखी पद्धत वापरून अत्यंत खात्रीलायक निष्कर्ष बहुधा काढता येतात.

(अ) संघीय, राज्य आणि खासगी संस्थांतून अभ्यासांतर्गत प्रकल्पाच्या अनेक चौ. मैल क्षेत्रांच्या टप्प्यातील ज्ञात अशा मोठ्या वादळांची माहिती उपलब्ध असलेल्या अहवालाचा अभ्यास करण्यात यावा, आणि त्यातून गृहीत निःसारण खोऱ्याच्या क्षेत्राइतक्या क्षेत्रांत मोठे पूर निर्माण होण्याजोग्या वादळांची अन्वेषणाकरता निवड करावी (पहा अ. ६५ प. १३ ते १७). अशी निवड करताना पर्जन्याचे क्षेत्रीय वितरण व तीव्रता आणि अंतर्गलन हानीवर परिणाम होणारी परिस्थिती अथवा वादळी कालावधीतच बर्फ वितळण्यापासून प्राप्त होणारी वाढ तसेच पावसाची राशी यांचा विचार करण्यात यावा.

(आ) तात्पुरत्या निवडलेल्या वादळापैकी कोणती वादळे दिलेल्या प्रकल्पाकरता संकल्पित वादळांचा अंदाज करण्याच्या दृष्टीने जास्तीतजास्त सोयीस्कर आधार म्हणून उपयोगी पडतील हे जास्त प्रमाणांत निश्चित करण्याकरता अशा माहितीचे प्राथमिक संकलन करण्यात यावे.

(इ) सर्व समपर्जन्याचे नकाशे, अवक्षेपणाच्या नोंदी पर्जन्य–राशि–वक्र आणि कालावधी–खोली–क्षेत्र यासंबंधी अंतिम अभ्यासाकरिता, निवडलेल्या वादळाकरिता उपलब्ध असलेली माहिती मिळवावी.

जरूर तर अभ्यासांतर्गत खोऱ्यापेक्षा साधारणपणे जास्त क्षेत्रातील वादळे समाविष्ट होतील अशा क्षेत्रातील मोठ्या पर्जन्याच्या प्रत्येक विवक्षित कालावधीकरता, समपर्जन्य नकाशे व पर्जन्यराशींची माहिती तयार करून वरील माहितीला जोड म्हणून वापरण्यात यावी.

(ई) संबंधी वादळे निर्माण करणाऱ्या हवामानविषयक परिस्थितीच्या उपलब्ध माहितीचे परीक्षण करावे. त्यामुळे जास्तीत जास्त वर्षणांच्या विभागांतील हालचाली एकामागून एक येणाऱ्या वादळाच्या मालिकेतील क्रमवर्ती विवक्षित कालावधींत अशा असू शकतील की त्यामळे अत्युच्च वादळांत प्रत्यक्ष निर्माण झालेल्या संचय आणि । अगर संकेंद्रणापेक्षा अभ्यासांतर्गत खोऱ्याशी तुलना करता येईल अशा क्षेत्रांतील संचयी आणि । अगर जास्त क्रांतिक संकेंद्रण घडून यईल. अशा परिस्थितीत, त्या प्रदेशाच्या कागदपत्रावरून केलेल्या अनेक मोठ्या वादळातील पर्जन्याच्या रुपरेखेचा व पर्जन्यकेंद्राच्या हालचालीच्या अभ्यासाचा, निर्णय घेण्याच्यादृष्टीने वाजवी आधार म्हणून उपयोग होईल.

(उ) विवक्षित वादळाच्या क्रमवर्ती पर्जन्याचे कालावधी दर्शविणाऱ्या समपर्जन्य रेखालेखावर गृहीत निःसारण खोऱ्यांचा आराखडा अशाप्रकारे आरोपित करावा की टप्पा 'ई' मध्ये गृहीत धरलेल्या पर्जन्याच्या केंद्रांच्या हालचालीच्या स्थानांशी ते जुळतील.

बऱ्याच तासांच्या अंतरांनी वेगळे असलेले पर्जन्याचे लागोपाठ कालावधी दर्शविणारे समवृष्टी रेखा नकाशे आणि खोऱ्याच्या आराखड्याचे दिशानिर्देशन (torienation) एकच असण्याची जरूरी नाही. परंतु हे दिशानिर्देशन वादळाच्या हवामान विषयक धोरणांशी सयुक्त व सुसंगत असावे.

(ऊ) पर्जन्य आणि पर्जन्याच्या अतिरिक्त राशींचे, प्रत्येक स्थानांतराकरता अ.३८ उपपरिच्छेद 'ब' ते 'इ' मध्ये दर्शविल्याप्रमाणे संकलन करावे.

(ए) गृहीत कालातील संकल्पित सांडव्यातील वादळ म्हणून वापरण्याकरता पर्जन्यांची क्रांतिक मालिका निश्चित करावी लागते. त्याकरता जी अनेक मोठी वादळे विचारांत घेतली गेली त्याकरिता संगणन केलेल्या अतिरिक्त पर्जन्यराशींची तुलना करण्यात यावी.

४०. वितळलेल्या बर्फाची पुराच्या प्रवाहास मदत

अनेक निःसारण खोऱ्यांत वितळत्या बर्फापासून वादळी वसंत ऋतूत अगर शीत ऋतूच्या उत्तरार्धात जास्तीत जास्त अपवाह निर्माण होतो. अशा खोऱ्यातील संकल्पित वादळी अंदाज तयार करतांना जोरदार पावसापासून निर्माण होणाऱ्य अपवाहात वितळत्या बर्फापासून होणारी संभाव्य वाढ विचारात घेणे जरूरीचे असते.

वितळत्या बर्फापासून निर्माण होणाऱ्या अपवाहाचे प्रमाण आणि त्याची राशी मुख्यतः तेथील बर्फाच्या आवरणात असणाऱ्या पाण्याची समतूल्यता (equivalent) अंतर्गलन हानीवर परिणाम होणारी तेथील जमिनीची परिस्थिती, आणि बर्फाच्या वितळण्याचे प्रमाण यावरून प्रामुख्याने निश्चित केली जाते.

बर्फाच्या आवरणापासून निर्माण होणाऱ्या अपवाहावर परिणाम करणाऱ्या बाबी केवळ तेथील भौगोलिक प्रदेशावरच अवलंबून नसतात तर त्या निरनिराळ्या ऋतूवर व एकाच क्षेत्रातील निरनिराळ्या कालावधीवरही अवलंबून असतात.

बर्फाच्या आच्छादनातून निर्माण होणाऱ्या अपवाहाच्या राशी व प्रमाणावर अनेक भिन्न आणि गुंतागुंतीच्या घटकांचा परिणाम होत असल्याने आणि त्या प्रक्रिये संबंधी निश्चित असे निष्कर्ष अस्तित्वात नसल्याने संकल्पित पुराचेवेळी वितळत्या बर्फापासून होणाऱ्या क्रांतिक भरीचा अंदाज करण्याकरता एखादी समाधानकारक सर्वसाधारण पद्धती सुचविणे अव्यवहार्य आहे.याबाबतीत निर्माण होणाऱ्या समस्यांची स्थूलमानाने रूपरेखा आणि काही कमी अडचणीच्या परिस्थितीत बर्फाच्या वितळण्याने निर्माण होणाऱ्या अपवाहाचा संख्यात्मक अंदाज तयार करण्याच्या पद्धती सुचविण्याचा, पुढील परिच्छेदाचा उद्देश आहे.

ज्या खोऱ्यात बर्फ वितळण्याने होणाऱ्या अपवाहावर परिणाम करणारी परिस्थिती सामान्यतः एकसारखी आहे असे मानता येते अगर अशा एक प्रकारच्या एकजिनसीपणाच्या (Homogencity) अभावाचे अस्तित्व त्या खोऱ्यातील जलविज्ञानविषयक माहितीवरून तयार केलेल्या अनुभवाधिष्ठित (empericial) गुणांकांत प्रतिबिंबित झाले आहे, अशा खोऱ्याना या पद्धती लागू होतील असे मानले जाते. एकहजार फुटाहून कमी उंचीच्या माफक आकाराच्या खोऱ्यात या पद्धतीचा सरळसरळ उपयोग करता येईल असे मानण्यात आले आहे. जास्त गुंतागुंतीच्या परिस्थितीत वितळत्या बर्फाच्या राशीच्या

संगणनाची चर्चा व माहिती याबद्दल सोबतच्या ग्रंथसूचीतील याविषयावरील अहवाल, लेख आणि अनेक शास्त्रीय प्रकाशने वाचकांनी पहावी. अमेरिकन जिओफिझीकल युनियनचे इतिवृत्त व त्यांत दिलेल्या माहितीच्या साधनाकडे (वाचकांचे) लक्ष वेधण्यांत येत आहे.

४१. भू पृष्ठाची स्थिति

बर्फाच्या आच्छादनाखालील जमिनीच्या अंतर्गलनक्षमतेचा वितळलेल्या बर्फाच्या अपवाहाच्या राशीवर फार महत्वाचा प्रभाव पडतो. जर जमीन गोठलेली असेल व विशेषतः त्या जमिनीचा पोत पुरेसा तलम असेल आणि गोठण्याच्यावेळी जमिनीत बराच ओलावा असेल तर अंतर्गत हानी फार कमी होते. जर जमीन भरड पोताची असून त्यात अत्यंत अल्प प्रमाणांत केशाकर्षित पाणी असेल तर अशा जमिनीची अंतर्गलनक्षमता गोठण्यामुळे कमी होत नाही.

हिम हे निष्कृष्ट उष्णतावाहक असल्यामुळे जमिनीवर माफक प्रमाणांत खोल-पर्यन्त हिम जमल्यावर अशा जमिनीतील फारच थोड्या आर्द्रतेचे अतिरिक्त गोठण होण्याची शक्यता असते. म्हणून जेव्हां खोल बर्फ आढळण्यापूर्वी तीव्र स्वरूपात गोठणक्रिया घडते आणि गोठणाच्या वेळी जेव्हा जमिनीतील केशाकर्षण ओलावा जास्त असतो अशावेळची जमिनीची अवस्था बर्फ वितळण्यामुळे निर्माण झालेल्या अपवाहाच्या फार मोठ्या राशीकरता सर्वांत जास्त योग्य असते.

४२. हिमाच्छादनाचे जलतुल्य

हिमाच्छदनापासून उत्पन्न होणाऱ्या अपवाहाची राशी ही हिम किंवा बर्फ यांच्या स्वरूपांत असलेले पाणी आणि हिमात अडकलेल्या पाण्याच्या राशी इतके सीमित असते. परंतु हे लक्षांत ठेवले पाहिजे की हिमाच्छदनाचे जलतुल्य हे बर्फाच्या स्वरूपात कोसळणाऱ्या द्रवतुल्यापेक्षा बरेच जास्त असणे संभाव्य असते. कारण बर्फाच्या रचनेतील पोकळ्यात केशाकर्षणामुळे अथवा बर्फाच्या स्वरुपात ते पाणी अडकून साठते.

सामान्य परिस्थितीत ताजे पडलेले १० इंच हिम अंदाजे १ इंच पाण्याइतके असते. परंतु जसजसे जमिनीवर हिम साचू लागते तसतसे त्यावर पावसातील आर्द्रता आणि गोठणक्रियेमुळे झालेल्या संभाव्य वाढीमुळे दाब पडतो. आणि एकामागून एक होणाऱ्या वितळण्याच्या व गोठण्याच्या क्रियेमळे त्याची घनता वाढते.

केव्हा केव्हा हिमाची घनता ५० ते ६० टक्क्याइतकी असते आणि काही आत्यंतिक परिस्थितीत (ही घनता) याही पेक्षा जास्त असणे शक्य असते. सामान्यपणे ही धनता २० ते ३० टक्के असते.

४३. हिमाच्छादनांतील मुक्तजल

हिमाच्छादनांत बरीचशी आर्द्रता "मुक्त" अगर बिनगोठलेल्या स्थितीत सांठून राहते. हिमावरणांत साठून राहू शकेल अशी मुक्त जलाची राशि हिमाच्या रचनेतील (structure) पोत (Texture) व त्याच्या सामान्य गुणधर्माप्रमाणे बदलते. योग्यप्रकारे व्यापक प्रमाणांत केलेल्या क्षेत्रीय अभ्यासमालिकेतून असे दिसून आले आहे की, सर्वसामान्य परिस्थितीत हिमाच्या एका स्तंभांत अंदाजे हिमाच्या कोरड्या वजनाच्या २० ते २५ टक्के मुक्त जल सांठवून ठेवण्याची क्षमता असते (अ. ६५ प. १८)

जेव्हा हिमाच्छादनातील ओलावा, वितळण्यामुळे आणि/अगर हिमरचनेतील द्रव अवस्थेतील पावसाच्या शोषणामुळे, वाढतो तेव्हा ते हिमाच्छादन 'पक्व' (ripen) आहे असे मानले जाते. शीत ऋतूतील महत्वाचे वादळ आणि हिमाच्छदनापासून होणाऱ्या अपवाहाची जास्तीत जास्त संभाव्य प्रमाणात वाढ एकत्र होण्याकरता अतिशय जोरदार पर्जन्य पडण्यापूर्वी हा (हिमाच्छादन) पक्वावस्थेचा कालावधी आला पाहिजे. महत्वाची शीत ऋतूतील वादळे येण्यापूर्वी अल्पप्रमाणांत पाऊस पडण्याचे काही कालावधी अनेकवेळा उद्‌भवतात म्हणून शीतऋतूतील संभाव्य अशा जास्तीत जास्त पुरांचा अंदाज करताना हिमाच्छादनात बऱ्याच प्रमाणात बिनगोठलेले पाणी साठलेले असते, हिम वितळू लागले म्हणजे मोकळे होते आणि त्यामुळे पर्जन्यकालांत उष्णतेच्या स्थानांतराने प्रत्यक्ष वितळण्यामुळे प्राप्त झालेल्या अपवाहांत वाढ होते असे गृहीत धरणे सामान्यतः वाजवी ठरते.

४४. वितळण्यामुळे पाणी मुक्त होण्याचे प्रमाण —

सामान्य विचार

तलस्थित (underlying) जमिनीच्या अंतर्गलनाच्या गुणाशिवाय पुराच्या कालावधीतील हिमाच्छादनापासून प्राप्त होणाऱ्या अपवाहाच्या वाढीच्या प्रमाणावर खालील घटकांचा महत्वपूर्ण प्रभाव पडतो—

(अ) पूर्वीच्या (antecedent) उष्णतास्थानांतरामुळे (Heat Transfer) आणि पर्जन्याच्या शोषणामुळे (absorption) "पक्व" होण्याचे (ripering) प्रमाण. (पहा अ. ४३)

(आ) हिमपृष्ठ आणि हवा यामधील तपमानाच्या फरकामुळे होणारे उष्णतेचे हवेतून स्थानांतर आणि हिमपृष्ठावरील ओलाव्याचे गोठणे.

सामान्य परिस्थितीत हिमाच्छादन आणि अवकाशातील (Space) विकिरणामुळे (radiation) उष्णतेची बऱ्याच प्रमाणांत अदलाबदल होते. हिम सूर्याचे विकिरण शोषून घेते आणि त्याचवेळी अवकाशांत उष्णतेचे परत विकिरण करते. वादळाच्या काळात घनदाट ढगांच्या आवरणामुळे हिमपृष्ठावर पोहोचणाऱ्या सूर्याच्या विकिरणराशीत घट होते, परंतु ढगावरील आच्छादनामुळे हिमाकडे जाणारे उष्णतेचे विकिरणामुळे काही अंशी या आतपनामध्ये घटीची भरपाई (Offset) होण्याकडे प्रवत्ती होते. वादळाच्या काळातील हिमाच्छादनांत विकिरणामुळे होणारी निव्वळघट अगर वाढ संख्यात्मकरीत्या निश्चित करण्यात आलेली नाही. जास्त चांगल्या पद्धतीच्या अभावी पुढील परिच्छेदात असे गृहीत धरण्यांत आले आहे की, वादळाच्या काळातील विकिरणाचे परिणाम अभ्यासांतर्गत निःसारण क्षेत्रातील जलविज्ञान विषयक माहितीवरून प्राप्त केलेल्या अनुभवाधिष्ठित गुणांकांत प्रतिबिंबित होतील (अ. ४५ पहा).

४५. हवेतून होणारे उष्णतेचे स्थानांतरण--

हवामान कार्यालयातील जलविषयक हवामान शास्त्र (हायड्रोमिटिओरॉलॉजी) विभागाने यू. एस्. आर्मी कोअर ऑफ इंजिनियर्सच्या सहाय्याने (अ. ६५ प १३, १४) केलेल्या अभ्यासावरून असे दिसून येते की, वादळाच्या काळातील हिमाचे वितळणे हवेतून हिमाच्छादनाकडे होणाऱ्या उष्णतेच्या स्थानांतरामळे मूलतः दोन प्रकारे होते.

(१) हवा आणि हिम यांच्या मधील तपमानाच्या फरकामुळे जी उष्णतेची सरळ सरळ अदलाबदल होते त्यामुळे आणि (२) हिमपृष्ठावरील ओलीच्या गोठण्यामुळे मुक्त झालेल्या उष्णतेमुळे. या उष्णतेच्या अदलाबदलीमुळे हिमाच्या घनभागाचे द्रवांत रूपांतर होते व त्याचे प्रमाण दर गॅलनला ८० कॅलरीज विलयन–उष्णते (heat of fusion) इतके असते. ज्या अर्थी

हिमाची विलयन उष्णता दर गॅलनला फक्त ८० कॅलरी असते व पाण्याची बाप्पीभवनांतील उष्णता दर गॅलनला ६०० कॅलरी असते त्याअर्थी हिमपृष्ठावरील गोठलेली आर्द्रता तिच्या स्वतःच्या हिमातील वजनाच्या ७॥ पट हिम वितळवते (अ. ६५ प. १४).

हिम वितळण्याच्या बाबतीत उष्णता गतिविज्ञानाची (Tkermo dynamics) डब्ल्यू. टी. विल्सन यानी (अ. ६५, प. १९) आणि फिलिप लाईट यानी (अ. ६५ प. २०) तपशीलवार चर्चा केली आहे. विल्सन यानी ६ तासांच्या कालावधीत वितळलेल्या हिमाच्या खोलीसंबंधी खालील सूत्रे दिली आहेत.

$$Dm = K_1 V(e - 6.11) \qquad (१३)$$

$$Dc = K_2 V(T - 32^\circ) \qquad (१४)$$

$$Da = Dm + Dc$$

$$= K_1 V(e - 6.11) + K_2 V(T - 32) \qquad (१५)$$

यांत *Dm* हे ओलीच्या गोठण्यामळे ६ तासांत वितळलेल्या बर्फाचे "इंच खोलीत" जलतूल्य (अधिक संघनक) *Dc* हे संवाहन (conduction) अणि संनयामुळे (convection) हवेतून उष्णतेच्या प्रत्यक्ष देवाण घेवाणीमुळे होणाऱ्या ६ तासांमधील हिम वितळणाची खोली;

Da वर दर्शविलेल्या प्रक्रियेमुळे ६ तासांत वितळलेल्या हिमाचे एकूण जलतूल्य;

V – दर ताशी, मैलांत, वाऱ्याचा वेग;

D – ड्रायबल्ब उष्णतामान – F° मध्ये;

e – मिलिबार्स मध्ये बाष्प दाब (vapour–prssure);

K_1 – बर्फाची अप्रकट उष्णता (Latent Heat of iee), उपकरणांची अनावृत्ति (exposure), – परिवर्तन (conversion), घटक (unit), यांच संबंध असलेला गुणांक–;

K_2 बर्फाची अप्रकट उष्णता, उपकरणांची अनावृत्ति, परिवर्तन घटक, वायूची घनता आणि विक्षुब्धतेच्या उपपत्तीशी (Theory of turbulance) निगडित असलेल्या कांही विचारांचा ज्याच्याशी संबंध आहे असा गुणांक.

K_1 व K_2 यांच्या गुणांकाचा परस्पर संबंध असतो.

K_1 हा K_2 च्या मूल्यांच्या अंदाजी ३ ते ४ पट असतो.

उपकरणांच्या मांडणीच्या अत्यंत सुलभ रचनेत आणि समुद्र सपाटीपासून कांही थोड्या हजार फूट उंचीपेक्षा कमी उंच केंद्राकरता १५ वे समीकरण अंदाजाने खालीलप्रमाणे वापरता येते.

$$Da = V(0.002T + 0.006e - 0.100) \qquad (१६)$$

क्षेत्रीय वितरण आणि हिमाच्या खोलीतील तफावत, विभिन्न क्षेत्रातील पक्वतेचे प्रमाण, आणि वादळाच्या काळांत होणाऱ्या उष्णतेच्या स्थलांतराचे प्रमाण हे निश्चित करण्यात खोऱ्याची अनेक वैशिष्ठ्ये कारणीभूत होतात. उंचीचा पल्ला (Range of elevation), प्रदेशवर्णन (topography), झाडी वगरे आच्छादनाचा प्रकार आणि उबदार वातपुंजाच्या हालचालीच्या दिशेच्या अनुषंगाने त्या खोऱ्याचे दिशानिवेशन (orientation) ही त्यातील अत्यंत महत्वाची वैशिष्ठ्ये होत. (अ. ६५ प. २४).

योग्य प्रकारच्या विश्लेषणाने या बाबींचे अंदाजी मुल्यमापन होते. परंतु अशावेळी कांही स्वेच्छानुसारी धारणा कराव्या लागतात अगर अनुभवाधिष्ठित घटक वापरावे लागतात. (अ. ६५ प १३). ज्यात हिमाच्छादनाची वैशिष्ठ्ये, त्या प्रदेशांतील हवामानाचा परिणाम, आणि त्या विशिष्ट खोऱ्यातील खास परिस्थिती, यांचा विचार केला असेल अशा सामान्य आकाराच्या निःसारण क्षेत्रांतील हिमाच्छादनातून निर्माण होणाऱ्या अपवाहाच्या मदतीचा अंदाज घेण्याकरता K या स्थिरांकाने १६ व्या समीकरणांत बदल करण्यांत यावा आणि हे समीकरण असे वाचण्यांत यावे.

$$Da = KV(0.002T + 0.006e - 0.100) \qquad (१७)$$

स्थिरांक K हा त्या खोऱ्यातील गुणधर्म दाखवितो व त्याचे मूल्यमापन अनुभवाधिष्ठित रीतीने करण्यांत येते.

मोठ्या वादळांच्या संयोगाने हिम वितळण्यापासून निर्माण झालेल्या अपवाहाच्या मोठ्या वाजवी राशी निर्देशित होतील अशा पुरांची माहिती उपलब्ध असेल तर अवलोकन केलेली अगर निगमित (deduced) केलेली मूल्यें समीकरण १७ तील Da, V, T, ऐवजी वापरून व K करता उकल करून या स्थिरांकाचे मूल्यमापन करावे. नंतर **K** चे अनुभवाधिष्ठित मूल्य

१७ व्या समीकरणांत वापरावे व इतर गृहीत परिस्थितीत हिम वितळण्याच्या राशींचा अंदाज काढावा. या पद्धतीने पीटसबर्ग पा. (अ. १६ प. १३) च्या ओहिओ नदीच्या अपर प्रवाही खोऱ्यातील निःसारण क्षेत्राकरता संगणित केलेली K ची सरासरी मूल्यें ०.६० तें ०.७२ या सीमेत येतात. अशीच मूल्ये न्यू इंग्लंडच्या अनेक खोऱ्याकरता प्राप्त झाली आहेत परंतु हीं मूल्यें सर्वत्र लागू होतील असे मानू नये.

निरनिराळ्या उष्णतेच्या स्थलांतरामुळे हिमाच्या वितळण्याच्या गतीचे प्रमाण दाखविण्याकरता स. १३ व १७ प्राप्त करण्यांत आली आहेत आणि वादळाच्या पूर्वी हिमाच्छादनांत सांठलेल्या खुल्या पाण्याच्या मुक्तीकरता फक्त K या स्थिरांकात अनुभवाधिष्ठित अशी जी कांही सूट धरली असेल तिच्याखेरीच अन्य काहीही सूट धरलेली नाही हे लक्षात घ्यावे. परिपक्व हिमाच्छादनावर जोरदार पाऊस पडून अपवाह निर्माण झाला आहे अशा पुरांच्या माहितीवरून जर K संगणित केला असेल तर वादळांच्यावेळी हिमांत साठलेल्या खुल्या पाण्याच्या मुक्ती करता काही सूट दिलेली असते. तिचा स्वानुभवाधिष्ठित घटकांत अंतर्भाव केलेला असतो. अन्यथा जास्तीत जास्त संभाव्य असणाऱ्या शीतऋतूतील वादळाच्या संयुक्त अशा परिपक्व हिमावस्थेच्या संभाव्यतेकरता सवलत म्हणून संगणित केलेल्या K या घटकांत वाढ करण्यांत यावी. हिमपूरांच्या माहितीचा अभ्यासकरून आणि उद्भवण्याची शक्यता असलेली वाजवी परिस्थिती विचारांत घेऊन K या घटकांत किती प्रमाणांत वाढ करणे योग्य होईल याचा अंदाज करावा लागतो.

४६. पावसामुळे बर्फाचे वितळणे

वर नमूद केलेल्या प्रक्रियेत बर्फ वितळून निर्माण झालेल्या पाण्याच्या राशीच्या तुलनेने पावसामुळे वितळलेली बर्फाची राशी जरी सामान्यतः कमी असली तरी अनपेक्षित वादळांत काही खोऱ्यांत या राशीस फार महत्व असते. खालील सूत्राप्रमाणे तिची खोलीसंगणित करण्यात येते.

$$Dr = \frac{P(T-32)}{144} \qquad (१८)$$

यथे Dr इंचामध्ये बर्फ वितळणाची खोली,

P इंचामध्ये अवक्षेपण (Precipitation),

T हवेचे ओले–बल्ब उष्णतामान, फॅरनहैटमध्ये असते.

४७. उष्णता–स्थानांतराच्या सूत्राने काढलेले बर्फ वितळण्याचे अंदाज—

सामान्य आकाराच्या निःसारण खोऱ्यात क्रांतिक वादळांत वितळलेल्या बर्फाच्या अपवाहाचा १६, १७ व १८ ही समीकरणे वापरून, सरासरी अंदाज खालील पद्धतीने शक्य तो तयार करावा.

(अ) १७ व्या समीकरणातील 'K' चे मूल्यमापन करण्याकरता अभ्यासांतर्गत निःसारण खोऱ्यातील वितळणाऱ्या बर्फाच्या अपवाहाच्या मोठ्या राशी निर्देशित असलेले हिवाळ्यातील अत्यंत महत्वाचे पूर विश्लेषणासाठी निवडावे. अगर त्या क्षेत्रातील तत्सम खोऱ्यातील असे पूर निवडावे आणि अभीक्षण केलेल्या अपवाहाचे जलालेख आलेखित करावे.

(आ) टप्पा अ मध्ये दर ६ तासांच्या कालावधीतील वादळाकरता निवडलेले पर्जन्यराशी, सरासरी उष्णतामान, सरासरी वायुवेग आणि बाष्पदाब यांचे संगणन करावे आणि त्याचे रेखाचित्रीय पद्धतीने आलेखन करावे अथवा वरील माहितीचे अभीक्षित अपवाहाचेवर योग्यप्रकारे कालाच्या संदर्भात कोष्टक तयार करावे.

(इ) बर्फ वितळण आणि पर्जन्य यांच्या संयुगांतून निर्माण होणारा अपवाह दाखविणारे जलालेख प्राप्त करण्याकरता अभीक्षित जलालेखांतून अंदाजित मूलभूतप्रवाह (Base flow) वजा करावा.

(ई) वितळणाऱ्या बर्फाची बाधा न झालेले या पुराच्या विश्लेषणापासून प्राप्त केलेले एकांकी जलालेख वापरून टप्पा 'इ' मध्ये संगणित केलेला जलालेख उद्धृत करण्याकरता पाऊस व बर्फ वितळण्याच्या दर ६ तासांच्या मूल्यांचा समवृष्टी आलेख (हायटोग्राफ) प्रयोग व प्रमाद पद्धत वापरून अंदाजित करावा.

(उ) बर्फ वितळण्याचा परिणाम न झालेल्या पुराचे विश्लेषण करून प्राप्त केलेल्या अंतर्गलन क्षमतेच्या माहितीच्या आधारे ज्या पुरांच्या कालावधींचे विश्लेषण करावयाचे आहे त्यांतील अंतर्गलन हानीचा अंदाज करावा आणि त्यावेळी अभ्यासांतर्गत पुरांच्या काळातील जमिनीच्या गुणांसंबंधी उपलब्ध असलेली सर्व माहिती विचारांत घ्यावी.

(ऊ) 'ई' या टप्प्यांत संगणन केलेल्या संस्लेश्षणात्मक समवृष्टी आलेखामधून (हायट्रोग्राफ) 'अ' या टप्यांत निश्चित केलेली पर्जन्याची अवलोकन केलेली मूल्यें वजा करावी आणि टप्पा 'उ' मध्ये संगणित केलेली अंतर्गलन हानी मिळवावी व अशा तऱ्हेने वादळाच्या प्रत्येक ६ तासांच्या कालावधीत मुक्त झालेल्या पाण्याचा अंदाज प्राप्त करावा.

(ए) अन्वेषण केलेल्या प्रत्येक ६ तासांच्या कालमानाच्या ज्ञात वादळाला आणि प्रत्येक वादळाच्या कालाच्या सरासरी मूल्यास लागू पडणाऱ्या 'K' चे मूल्य निश्चित करण्याकरता Da, T, V आणि e ही १७ व्या समीकरणातील संगणित अगर अवलोकन केलेली मूल्ये वापरावीत.

(ऐ) त्या क्षेत्रांतील हिमावस्थेच्या उपलब्ध माहितीवरून हिमऋतूतील जास्तीत जास्त संभाव्य वादळाच्या किंचितपूर्वी अस्तित्वात असण्याची संभाव्यता असलेल्या हिमाच्या पक्वतेचे प्रमाण, त्याची क्रांतिक राशी आणि वितरण यांचा अंदाज घेण्यात यावा.

(ओ) त्या क्षेत्रांतील महत्वाच्या हिवाळी वादळाच्या अभ्यासावरून प्राप्त केलेल्या माहितीचा आधार घ्यावा, त्याला शक्य तितक्या हवामान विषयक विश्लेषणाची जोड द्यावी. व संभाव्य अशा जास्तीत जास्त हिवाळी वादळामधील हिम वितळण्याचे क्रांतिक प्रमाण, आणि राशीचे अंदाजात वापरण्याकरता, T, V, आणि e ची मूल्ये निवडावीत आणि समीकरण १६ व १८ वरून एका मागून एक येणाऱ्या ६ तासांच्या कालावधीकरता हिमवितळण्याची सैद्धांतिक मूल्यें संगणित करावी.

(क) अ ते ग या टप्प्यांत विश्लेषण केलेल्या ज्ञात पुरांत प्रभावी झालेली हिमाच्छादनाची वैशिष्टये लक्षांत घेऊन आणि संभाव्य अशा जास्तीत जास्त हिवाळी वादळांत प्रभावी होणार म्हणून गृहीत धरलेली परिस्थिती विचारांत घेऊन हिवाळी संकल्पित वादळाच्या एकामागून एक येणाऱ्या कालावधीतील हिम वितळण्यापासून प्राप्त होणाऱ्या अपवाहाच्या क्रांतिक राशींच्या अंदाजांत वापरण्याकरता 'K' ची मूल्ये निवडावीत याकरता खालील पद्धति सुचविली आहे :–

(१) वादळातील. कालाकरता K चे एक सरासरी मूल्य निवडावे आणि टप्पा 'ई' मध्ये संगणित केलेल्या सैद्धांतिक राशीला K च्या

ह्या सरासरीने गुणून संकल्पित वादळी काळातील बर्फ वितळणाच्या एकूण राशीची संगणना करावी.

२. बर्फाच्या रचने (Structure) पासून उत्प्रवाह (Outflow) निर्माण होऊ शकण्याकरता हिम पुरेसे पक्व होईपर्यंत, K चे मूल्य शून्य धरावे आणि एकंदर वादळाच्या काळातील सरासरी मूल्यापेक्षा उच्चतमता जास्त येईतो ते टप्प्या टप्प्याने वाढेल आणि त्यानंतर निःसारण क्षेत्राच्या कांही भागांतील पुरवठा कमी होण्याने ते कमी होईल, असे 'K' चे मूल्य धरण्यांत यावे. कांही वेळा संकल्पित वादळाच्या सुरवातीला हिम पक्व अवस्थेत आहे असे गृहीत धरणे इष्ट असते. अशा उदाहरणांत 'K' चे प्रारंभिक मूल्य तुलनेने जास्त असते. ६ तासांच्या कालावधीतील राशींची बेरीज टप्पा क (१) मध्ये प्राप्त केलेल्या राशीपेक्षां जास्त असावी.

४८ अंश–दिन (degree day) पद्धतीने प्राप्त केलेले हिमवितळणाचे अंदाज

अजमासे ३२° फॅ. उष्णतामानापेक्षा जास्त अंश–दिन, आणि निःसारण क्षेत्रातील "इंच खोलीत" मोजलेले हिमवितळणाचे अपवाह यांच्यातील परस्परसंबंध अनेक अन्वेषकानी प्राप्त केलेले आहेत. अशा बहुसंख्य अभ्यासांत अधिकतम हिम वितळण अपवाहाची दर अंश–दिनास ०-०४ इंचापासून (अ. ६५ प. २१, २२) ०.०९ (अ. ६५ प. २३) पर्यंत कक्षा आढळून आली आहे, परंतु कांही अपवादात्मक उदाहरणांत हिम वितळणाचा अपवाह, निदान २४ तासांकरता दर अंश दिनास ०.२२ इंचापेक्षा जास्त निर्माण झाला होता (अ· ६५ प. १४). वर दिलेल्या मूल्यांची कक्षा जरी फार मोठी असली तरी अ. ४० ते ४५ मध्ये चर्चिलेली चलसंख्या (Variables) विचारांत घेता ती अपेक्षेपेक्षा जास्त नाही असे दिसून येते.

जे अनेक महत्वाचे घटक हिमाच्छादनाच्या अपहावाहात कारणीभूत होतात त्यातील हवेचे रोजचे सरासरी उष्णतामान हा अनेकापैकी फक्त एक घटक असल्याने 'अंश–दिन' पद्धत फक्त अजमासात्मक अभ्यासाकरताच उपयुक्त असते· (अ. ६५ प. २४).

४९ हिमवितळण व पर्जन्य यांचा जोड समवृष्टी आलेख– (हायटोग्राफ)

संकल्पित वादळाचा समवृष्टिआलेख प्राप्त करण्याकरता संकल्पित वादळाच्या एकामागून एक येणाऱ्या एकांकी कालावधीशी संवादी

अशा अंदाजित हिमवितळण राशीची तत्संबंधी कालातील पर्जन्यांच्या मूल्यांत प्रत्यक्षपणे भर घालावी. पर्जन्य व हिमवितळणाऱ्या जोड समवृष्टी आलेखापासून अपवाहाचे गृहीत जलालेख, केवळ अतिरिक्त पर्जन्याच्या अंदाजाऱ्या अपवाहाच्या जलालेखांचा विकास करण्याकरता, जी संगणन पद्धति वापरतात त्याच पद्धतीने संगणित करण्यात यावे.

G. उत्प्लव मार्गाची आवस्यक क्षमता

५० गृहीत जलालेख

जलाशयांत येणाऱ्या अपवाहाची क्रांतिक राशी व सकेंद्रण अचूकपणे निश्चित करता येत नसल्याने व मूलभूत धारणांत (Basi Cassumptions) होणाऱ्या अनेक बदलामुळे जलाशयातील संगणित अशा अत्युच्च पातळीत होणाऱ्या फरकांच्या व्यापकतेचा अंदाज घेणे इष्ट ठरते. भिन्न भिन्न परिस्थितीत निर्माण होणाऱ्या संकलिपत उत्प्लवी बादळातील अतिरिक्त पर्जन्यातून निर्माण होणारे अपवाह दर्शविण्याकरता जलालेखाची मालिका खालीलप्रमाणे तयार करून तिचा उपयोग एखाद्या विशिष्ट खोऱ्यात निर्माण होणारा अत्यंत क्रांतिक पूर अपवाह सुरक्षितपणे वाहून नेण्याकरता लागणारी उत्प्लवाची क्षमता ठरविण्याकरतां करण्यात येतो.

(अ) **नदीतील जलाशयाच्या अवस्थेतील वरच्या बाजूच्या क्षेत्रांतील अपवाह दाखविणारा 'तात्पुरता संकल्पित उत्प्लवी पूर' जलालेख**–नदीच्या नैसर्गिक खोऱ्यातील माहीत असलेल्या अधिकतम पुरांशी संकल्पित पुराच्या अभिलक्षणाची तुलना करण्याकरता पाया म्हणून हा जलालेख उपयोगी पडतो. (आ. १७ C मधील 'D' हा जलालेख पहा.)

(ब) **पूर्ण भरलेल्या जलाशयांतील अपवाह दाखविणारा "तात्पुरता उत्प्लवी संकल्पित पुरांचा" अंतःप्रवाही जलालेखः–**

अ. ३४मध्ये चर्चिलेल्या पद्धतीने जलाशयांतील अंतःप्रवाहाच्या एकांकी जलालेखांच्या आराखड्याप्रमाणे या जलालेखाचा विस्तार करण्यात यावा. जलाशयाच्या वरच्या बाजूच्या नदीतील नैसर्गिक अवस्थेचा तात्पुरता संकल्पित. उत्प्लवी पूर जलालेख आणि जलाशयातील अंतःप्रवाह यांतील फरक अनुक्रमे अपवाहाच्या क्षेत्रांत फेरबदल करण्यात जलाशयामुळे झालेला परिणाम दाखवितो (आ. १७ 'C' मधील जलालेख 'D' पहा.)

(क) तात्पुरत्या उत्प्लवी संकलित पुराच्या अंतःप्रवाहाच्या जलालेखाचाय राशीइतके असणारे पण अपवाहाचे जास्त केंद्रीकरण दाखविणाऱ्या गृहीत जलालेखांचा समुह :–

हे स्वेच्छेनुसार सुधारलेले जलालेख अपवाहाच्या केंद्रीकरणातील संभाव्य फरकामुळे जलाशयातील अधिकतम पातळीतील वाढीचे प्रमाण निश्चित करण्या-करतां वापरण्यांत येतात आणि जलाशयांतील मुक्तबांधा (Free board)च्या साठ्यात पाण्याचा अंतर्हित असलेल्या सुरक्षा घटकाचा अंदाज करण्याकरता महत्वाचे असतात. (आ. १७ C मधील B, C जलालेख पहा.)

(ड) 'उत्प्लवी संकलित पुराच्या' अंतःप्रवाहाचा जलालेख अगर उचित अशा संभाव्य आत्यंतिक परिस्थिती असलेल्या जलाशयातील अप-वाहाची क्रांतिक राशी व संकेंद्रण दाखविणारा अंतिम स्वीकृत जलालेख :–

उत्प्लवाच्या क्षमतेमुळे व तो वापरण्याच्या पद्धतीमुळे येणाऱ्या जलाशयातील अधिकतम पातळीच्या सुरक्षिततेच्या खात्रीलायक अंदाजाकरता सुरक्षिततेच्या सर्व बाबी प्रतिबिंबित होतील असे उत्प्लवी संकलित पूर अंतःप्रवाहाच्या जला-लेखात गृहीत धरावेत.

तात्पुरता उप्लवी संकलित पूर अंतःप्रवाहाचा जलालेख, उत्प्लवी संकलित वादळापासून जलाशयांत येणाऱ्या अपवाहाचे क्रांतिक प्रमाण दाखवील असा तयार करण्यात येतो आणि काही जलाशयाचे बाबतीत तो उत्प्लवी संकलित पुराच्या अंतिम अभिलक्षणाकरता उपयुक्त होईल इतका पुरेसा नेमरत असतो असे मानण्यास हरकत नाही.

इतर जलाशयाकरता मूलभूत माहितीची पर्याप्तता आणि विश्लेषणाची विश्वसनीयता यांचे सर्वसाधारण परिशीलन करून उत्प्लवाच्या तात्पुरत्या संकलित पुराच्या अंतःप्रवाहाच्या जलालेखांत उत्प्लवी संकलित पुराच्या सुरक्षित अंदाजा ची खात्री येण्याकरता कांही फेरबदल करणे योग्य ठरते.

५१ जलालेखाच्या संगणनांची रूपरेखा:–

काही थोड्या हजार मैलापेक्षा लहान क्षेत्रातील निःसारण खोऱ्यातील जला-शयाकरता लागणाऱ्या उत्प्लवमार्गाच्या अंदाजाच्या कामी उपयोग करण्याकरता गृहीत जलालेखांचे संगणन खालील प्रमाणे टप्प्याटप्प्यानी करण्यांत येते आणि

ते सालुदा नदीच्या (S. C.) खोऱ्यातील जलाशयाच्या प्रकल्पाच्या संगणनातील उदाहरणाने दाखविले आहे.

(अ) खोऱ्यातील किमान अंतर्गलनाचे निर्देशांक निश्चित करण्याकरता आणि पर्जन्याचे अतिरिक्त वितरण दाखविणारे तत्सम एकांकी जलालेख प्राप्त करण्याकरता ६ मोठ्या आणि ३ लहान पुरांतील वाढीचीं संबंधित माहिती आणि जलालेख यांचे विश्लेषण करण्यात आले (को. ४ व ५ आ. ६, ७, ८ आणि १३ आणि तत्संबंधी चर्चा पहा.)

(आ) संबंधित ११०० चौ. मैलाच्या निःसारण क्षेत्रांतील संभाव्य अधिकतम पर्जन्यराशी निश्चित करण्याकरता त्या विभागातील अनेक मोठ्या वादळांचे संबंधित विस्तार आणि हवामानविषयक गुणधर्म यांचे अन्वेषण करण्यांत आले. संकल्पित वादळाची कसोटी म्हणून आ. १६ तील अधिकतम पर्जन्याचा खोली–कालावधी वक्र 'c' निवडण्यात आला. आ. १७ मधील समवृष्टि आलेखांत संकल्पित वादळाच्या ६ तासाची पर्जन्यमूल्ये दाखविण्यात आली.

(इ) उत्प्लवी संकल्पित पुराच्यावेळी प्रभावी होतील अशी निदर्शक किमान मूल्ये म्हणून सुरूवातीस ०.४ इंच हानी आणि दरताशी ०.०५ इंच अंतःस्राव–निर्देशांक स्वीकृत (adopted) करण्यात आले. आ. १७ मधील समवृष्टिआलेख–चित्रात संकल्पित वादळांच्या अतिरिक्त पर्जन्याच्या संगणित राशी दाखविण्यात आल्या.

(ई) १९२९ सालांतील ऑक्टोबर महिन्यात ता. १ ते ७ च्या दरम्यान नोंदलेल्या (आ. ८) पर्जन्याच्या वितरणाशी तुलना करता येईल असे गृहीत धरून नदीच्या स्वाभाविक परिस्थितीतील धरणाच्या जागेच्या वरच्या बाजूस पडणाऱ्या एकांकी पर्जन्याच्या राशीपासून प्राप्त होणारा अपवाहाचा एकांकी जलालेख आ. १५ (a) मधील क्र. १५ येथे रेखित केला आहे. उत्प्लवी संकल्पित अतिरिक्त वादळी पर्जन्याच्या राशींना आ. १५ (a) मधील क्र. ५ चा एकांकी जलालेख लागू करून धरणाच्या वरच्या बाजूच्या नदीच्या स्वाभाविक परिस्थितीतील "तात्पुरता उत्प्लवी संकल्पित पुराचा" जलालेख संगणित करण्यात आला (पहा को. ९)

(उ) संकल्पित वादळाच्या ६ तासाच्या कालावधीच्या संपूर्ण मालिकेतील अतिरिक्त पर्जन्याच्या राशीना आ. १५ (b) मधील अनुक्रमे क्र. २ व ३ हे

सारणी क्र. ९

गृहीत जलालेखांचे संगणन

तासात कालावधी	से.फु.त १२ तासाचा एकक समवृष्टी जलालेख (आ. १५ क्र. ५)	दर १२ तासा करता इंचात अतिरिक्त पर्जन्य	अतिरिक्त–पर्जन्य घटकांपासून निर्माण होणारा पृष्ठभागावरील अपवाह — अतिरिक्त–पर्जन्य, इंचात ०.७″	३.८″	१०.९″	१.८″	उपबेरीज	सेकंद फुटात आधार प्रवाह	सेकंद फुटात एकूण प्रस्राव
१	२	३	४	५	६	७	८	९	१०
६	८००	०							
१२	२९००								
१८	५९००	०.७	५००				५६०	२२००	२७००
२४	८६००		२०३०				२०३०	२२००	४२३०
३०	१०५००	३.८	४१३०	३०४०			७१७०	२२००	९३७०
३६	११६००		६०२०	१०२००			१६२२०	२२००	१८४००
४२	११८००	१०.९	७३५०	२२४००	८७२०		३८४७०	२२००	४०७००
४८	११३००		८१२०	३२७००	३१६००		७२४२०	२२००	७४६००
५४	१०१००	१.८	८२६०	३९९००	६४३००	१४४०	११३९००	२२००	११६०००
६०	८८००		७९१०	४४१००	९३७००	५२२०	१५०९३०	२२००	१५३०००

६६	७६००		७०७०	४४८००	११४४००	१०६००	१७६८७०	२२००	१७९०००
७२	६५००		६१६०	४२९००	१२६४००	१५५००	१९०९६०	२२००	१९३०००
७८	५५००		५३२०	३८४००	१२८६००	१८९००	१९१२२०	२२००	१९३०००
८४	४५००		४५५०	३३४००	१२३२००	२०९००	१८२०५०	२२००	१८४०००
९०	३५००		३८५०	२८९००	११०१००	२१२००	१६४०५०	२२००	१६६०००
९६	२७००		३१५०	२४७००	९५९००	२०३००	१४४०५०	२२००	१४६०००
१०२	१९६०		२४५०	२०९००	८२८००	१८२००	१२४३५०	२२००	१२७०००
१०८	१३३०		१८९०	१७१००	७०८००	१५८००	१०५५९०	२२००	१०८०००
११४	९४०		१३७०	१३३००	६००००	१३७००	८८३७०	२२००	९०६००
१२०	६३०		९३०	१०३००	४९०००	११७००	७११३०	२२००	७४१००
१२६	४३०		६६०	७४५०	३८२००	९९००	५६२१०	२२००	५८४००
१३२	२५०		४४०	५०५०	२९४००	८१००	४२९९०	२२००	४५२००
१३८	१३०		३००	३५७०	२१४००	६३००	३१५७०	२२००	३३८००
१४४	५०		१८०	२३९०	१४५००	४८६०	२१९३०	२२००	२४१००
१५०			९०	१६३०	१०२००	३५३०	१५४५०	२२००	१७७००
१५६			४०	९५०	६८७०	२३९०	१०२५०	२२००	१२५००
१६२				४९०	४६९०	१६९०	६८७०	२२००	९०७०
१६८				१९०	२७३०	११३०	४०५०	२२००	६२५०
१७४					१४२०	७७०	२१९०	२२००	४३९०
१८०					५५०	४५०	१०००	२२००	३२००
१८६						२३०	२३०	२२००	२४३०
१९२						९०	९०	२२००	२२९०

एकांकी जलालेख लागू करून आ. १५ क मध्ये दाखविलेल्या क्र. २ व ३ मधील पूर्ण भरलेल्या जलाशयातील अंतःप्रवाहाचे प्रमण संगणित केले होते. अ. १७ अ मध्ये व्यक्तिगत जलालेख आणि दोन्ही उपविभागाचे एकूण अंगिकृत जलालेख दाखविले आहेत. तुलनेने लहान अपवाहाच्या राशी अंतर्भूत असल्याने आ. १७ अ मध्ये दाखविलेले अंगीकृत एकूण जलालेख संकलिपत वादळामधील उपविभाग २ व ३ यातील क्रांतिक अपवाह दाखवितात असे गृहीत धरण्यांत आले होते. निःसारण क्षेत्रांतील इतर विभागांतील संबंधित अशा धारणामधील बदलांचा यांत विचार केला नव्हता.

(ऊ) ६ तासाच्या अवधीतील जी २ अधिकतम मूल्ये वगळण्यात आली होती ती सोडून संकलिपत वादळातील एकामागून एक येणाऱ्या ६ तासाच्या कालावधीतील अतिरिक्त पर्जन्यवाढीना आ. १५ ब मधील एकांकी जलालेख क्र. १ अ लावून जलालेख 'क्ष' संगणित केला होता. २ अधिकतम ६ तासातील राशी सोडून आ. १५ क मधील उपविभाग १ या क्षेत्रातील संकलिपत वादळातील सर्व अतिरिक्त पर्जन्य वाढीपासून निर्माण झालेल्या अपवाहाचे क्रांतिक प्रमाण जलालेख क्ष हा दाखवील असे गृहीत धरण्यांत आले होते.

(ए) संकलिपत वादळाच्या २ अधिकतम अतिरिक्त पर्जन्याच्या ६ तासाच्या कालावधीतील मूल्यांत आ. १५ ब मधील एकांकी जलालेख क्र. १ अ, १-ब, १-क लागू करून आ. १७ब मधील जलालेख क्र. १ अ, क्र. १-ब, १-क संगणित करण्यांत आले. त्यातून प्राप्त केलेल्या संबंधित आंशिक जलालेखाची क्ष या जलालेखात भर करण्यात आली. १५ क मधील उपविभाग १ मधील "तात्पुरता उत्प्लवीय संकलिपत पूर," अपवाह दाखविण्याकरता आ. १७ ब मधील जलालेख क्र. १ अ ची निवड करण्यात आली आणि संकलिपत वादळातील अत्यंत तीव्र अशा १२ तासांच्या कालावधीतील अपवाहाचे अधिकतम तीव्र संकेंद्रण दाखविण्याकरता जलालेख क्र. १ ब व १ क यांचा उपयोग करण्यांत आला हे करताना संकलिपत वादळांच्या इतर कालावधीतील धारणांत फरक करण्यात आला नव्हता.

(ऐ) खोऱ्यातील ज्ञात पुराचा अभ्यास करून प्राप्त केलेल्या माहितीच्या आधारे संकलिपत बादळातील आधारभूत प्रवाहाचा (Base Flow) दर चौ. मै. स २ सेकंड फूट अथवा संपूर्ण निःसारण क्षेत्रांत २२०० से. फू. असा अंदाज करण्यात आला होता.

(ओ) आ. १७ अ मधील उपविभाग २ आणि ३ मधील "स्वीकृत" एकूण जलालेखात क्र. १-अ. क्र. १-ब आणि १-क यांची आलटून पालटून वाढ केली व प्रत्येक जललेखाचा संकल्पित बादळाच्या मूल्याशी योग्य तो कालसंबंध लक्षांत घेऊन २२०० से. फू. हा आधारभूत प्रवाह धरण्यात आला व अशा रीतीने आ. १७क मधील जलालेख क्र. अ, ब, क, संगणित करण्यात आले होते.

२ जलाशयांतील पूरमार्ग निर्धारणाचे संगणन

अंतःप्रवाहाच्या विशिष्ट जलालेखाशी अनुरूप अशी जलाशयाची अवस्था संचयराशी आणि उत्प्रवाहाचे प्रमाण (Out flow) यांच्या संगणनाऱ्या प्रक्रियेस सामान्यतः पूरमार्ग निर्धारण (Flood Routiay) असे म्हटले जाते. जलाशयातून एकादा विशिष्ट पूर विशेष प्रकारे मार्गस्थ करून जलाशयातील अधिकतम पातळी खालील प्रमाणे निश्चित केली जाते.

(अ) जलाशयाची प्रारंभिक अवस्था

(आ) जलाशयांत येणाऱ्या अंतःप्रवाहाचे प्रमाण व राशी

(इ) उत्प्रवाहाचे प्रमाण

१) नियामक (regulating) जलनिर्गम मार्ग आणि विद्युत् जलनिर्गममार्ग (Power Penstreks) यातून जाणारे प्रस्राव

२) उत्प्लव मार्गावरील प्रस्राव

(ई) जलाशयातील प्रारंभिक पातळीवरील टप्याटप्याने होणारी दर एकांकी वाढीची जलसंचयक्षमता–

५३ पुराच्या सुरवातीची जलाशयाची अवस्था–

ज्या आयोजित जलाशयांच्या संचयक्षमतेपेक्षा पुराच्या अपवाहाच्या राशी नेहमी जास्त असतात अशा निःसारण क्षेत्रातील जलाशयाना लागणाऱ्या उत्प्लवांचा अंदाज करताना उत्प्लवाच्या संकलिपत पुराच्या सुरुवातीलाच जलाशय नेहमीच्या

अधिकतम पातळीपर्यंत भरला आहे असे नेहमी गृहीत धरणे जरूर असते. जर उत्प्लवाच्या संकल्पित पुराच्या सुरुवातीला जलाशयातील पाणी, वाटपाच्या व्यवस्थेत त्यातील पाण्याच्या नेहमीच्या अधिकतम पातळीच्या खाली असले तर संचयक्षमतेत काही भाग उपलब्ध असतो असे असले तरी पुराच्या चुकीच्या भाकितामुळे यांत्रिकी अडचणीमुळें, गाळ साचून नळ बुडाल्यामुळे किंवा देखरेखीतील निष्काळजीपणामुळे नियामक निर्गम मार्गाचे योग्यप्रकारे नियंत्रण न होण्याच्या संभवतेमुळे संकल्पित पुराच्या प्रारंभी जलाशय पूर्णपणे भरला आहे असे गृहीत धरणेच योग्य ठरेल. शिवाय भविष्यांतील विकासात मूळच्या कार्यवाही योजनेत फेरबदल होण्याची शक्यता असते. तसेच संकल्पित उत्प्लवी पुराच्या सुरवातीस असणाऱ्या जलाशयाच्या पातळींत तो पूर्ण भरण्याच्या संभाव्यतेत वाढ होण्याची शक्यता असते.

खोऱ्यातील मोठ्या पुरांतील अपवाहाच्या राशीच्या मानाने जलाशयाची संचयक्षमता जास्त असेल तर उत्प्लवाच्या संकल्पित पुराच्या प्रारंभी वाजवी-रीत्या अपेक्षित असणाऱ्या जलाशयाची अधिकतम पातळी शक्यतितक्या बिनचुक-पणे निश्चित करण्याकरता अभ्यास करण्यात यावा. नाल्याच्या प्रवाहाची माहिती असलेल्या काळांत जर जलाशय अस्तित्वात असेल तर आराखड्याच्या कारवाईच्या काळांत जी जलाशयाची अत्युच्च पातळी आली असती ती निश्चित करण्याकरता जलाशयातील गृहीत कारवाईचे अभ्यास करण्यात यावे. जर नाल्या-तील प्रवाहाची माहिती पुरेशा कालमानाकरता उपलब्ध असेल व तीवरून प्रवाहाच्या सरासरीची कल्पना मिळत असेल तर गृहीत कारवाईच्या योजनेतील जलाशयांतील भिन्न भिन्न पातळ्यांची संभाव्यता दिग्दर्शित करण्यासाठी वारंवार-तावक्र संगणित करण्यात यावे. जरी जलाशयातील एकादी विशिष्ट पातळी व उत्प्लवातील संकल्पित पूर निर्मिती एकाचवेळी अ ण्याची संभाव्यता अनिश्चित असते तरी पूर्वीच्या पुरांच्या माहितीवर आधारलेल्या पूरपातळीच्या वारंवारतेची माहिती उत्प्लवातील संकल्पित सुरवातीच्या पुराच्या जलसंचयाच्या पातळीसंबंधी वाजवी धारणा करण्याकरता उपयुक्त व मार्गदर्शक होईल. युनायटेड स्टेटस्मधील अनेक महत्वाच्या पूरप्रतिबंधक धरणातील उत्प्लवांच्या गरजा निश्चित करण्याच्या संबंधात कारवाईच्या गृहीत योजनेत सरासरीने २५ वर्षातून एकदा पूर येईल अशी वारंवारता असलेल्या पुरांत उत्प्लवातील संकल्पित पुरांच्या प्रारंभी येणाऱ्या पातळीइतकी पाण्याची पातळी असेल असे गृहीत धरण्यांत आले आहे.

५४ नियंत्रक जलद्वारातून जाणारा प्रस्राव

सामान्य परिस्थितीत उत्प्लवमार्गावरून वाहणाऱ्या पाण्याच्या जोडीला नियंत्रक जलद्वारातूनही पाणी सोडले जाते. परंतु आणिबाणीच्या प्रसंगी उत्प्लवाच्या संकल्पित पुराच्या वेळीं यांत्रिक दोषामुळे वा जलप्रवेशमार्ग कचऱ्याने भरल्यामुळे अथवा आणीबाणीच्या वेळीं देखभालीची उणीव पडल्यामळे नियंत्रक जलद्वारे अप्रवर्तित (Inoperative) होतील असे गृहीत धरणें योग्य होईल असें सामान्यपणें मानले जाते (अ. ५३ पहा)

५५ जलाशयांतील पूरमार्ग निर्धारण पद्धति

जरी जलाशयातील अंतःप्रवाह, संचय व उत्प्रवाह यांचे निश्चित असे परस्पर संबंध असतात, तरी ते संबंध बैजिक पद्धतीने व्यक्त करणे सामान्यपणे अवघड जाते. परिणामतः क्रमवर्ती छोटचा कालावधीत येणाऱ्या अंतःप्रवाहाच्या राशी-पासून निर्माण होणाऱ्या उत्प्रवाहाचे प्रमाण व जलसंचयांतील वाढ अथवा घट ज्यामुळे संगणित करता येईल अशा तऱ्हेची टप्याटप्याची संगणन पद्धति सामान्यपणे अनुसरली जाते. त्या त्या कालावधीतील अंदाजी सरासरी प्रमाणांशी सुरवातीच्या आणि अखेरच्या कालावधीतील मध्यम प्रतीचा अंतःप्रवाह व मध्यम प्रतीचा उत्प्रवाह निकटपणे जुळतील अशा धारणेची खात्री देता येईल अशा अंतःप्रवाहाच्या वाढींच्या संगणना करण्यात येतात.

जलाशयातून पुराचे मार्ग निर्धारण करण्याच्या फार व्यापक प्रमाणांत वापरण्यांत येणाऱ्या पद्धतींपैकी एका पद्धतीत "अंतप्रवाह संचय-निःसरण" I.S.D. वक्रांच्या वापराचा अंतर्भाव असतो. (अ. ६५ प. २५) हे वक्र आ. १८ मधील वक्रासारखेच असतात. आ. १७ क मध्ये दाखविलेल्या जलालेखाच्या मार्ग निर्धारणामध्ये वापरण्याकरता आ. १८ तयार करण्यास जी पद्धति वापरण्यात आली त्यावरून I.S.D. वक्रांची पद्धत विकास करण्यास सोयीस्कर आहे असे दिसून आले आहे. एक सोडून एक वापराकरता ६ व १२ तासांच्या कालावधीची दोन प्रवाह कालांतरे निवडण्यात आली. ज्या पुरांच्या कालावधीत अंतःप्रवाहाच्या जलसंचयाच्या व उत्प्रवाहाच्या फरकांचे प्रमाण तुलनेने एकसारखे होते अशा १२ तासांच्या अंतःप्रवाह–कालावधीचा संगणनेत उपयोग करण्यांत आला आणि उच्चतम पुराच्या आसपासच्या अधिक जलद होणाऱ्या फरकांच्या प्रमाणाचे

हजार से. फुटांत सांडव्यावरील प्रस्राव

१२ तासांच्या अंतर्वाहाच्या कालमाना करिता.
६ तासांच्या अंतर्वाहाच्या कालमानाकरिता

सांडव्याचे कलन वक्र

अभिभार संचय

$S-\frac{Q_{12}}{2}$ $S-\frac{Q_6}{2}$ $S+\frac{Q_6}{2}$ $S+\frac{Q_{12}}{2}$

स. स. स. वर जलाशय जलसंचय उद्‌र्शन—फुटांत

टीपा

सांडवा अनिर्बंधित आहे. ओगीच्या माथ्याचे उद्‌र्शन = ४३० फूट

स. स. स. वर ; माथ्याची लांबी = ५०० फूट

S = अभिभारित संचय, अगर सांडव्याच्या माथ्यावरील जलसंचय

Q = से. फु. त दिलेल्या जलाशयाच्या पातळीवरील सांडव्याची प्रस्राव क्षमता.

Q_6 = दर सहा तासांच्या कालावधीकरिता जलाशयाच्या दिलेल्या पातळीवरील एकर—फुटांत सांडव्याची प्रस्राव क्षमता

$= Q\times2\times{}^{6}/_{24} = 0{\cdot}50\,Q$ एकर फूट (अदाजी).

Q_{12} = दर १२ तासांच्या कालावधीकरिता जलाशयाच्या दिलेल्या पातळीवरील एकर—फुटांत सांडव्याची प्रस्राव क्षमता.

$= Q\times2\times{}^{12}/_{24} = Q$ एकर—फूट (अंदाजी)

दर कालावधीकरिता हजार एकर—फुटांत जलाशय अंतर्वाह आणि हजार एकर—फुटांत जलाशयातील अभिभारित संचय.

अंतर्वाह—जलसंचय—प्रस्राव (आय.एस.डी.) वक्रे

आ. १८ अंतर्वाह–जलसंचय–प्रस्राव (आय. एस. डी) वक्रे

मूल्यमापन करण्याकरता ६ तासांचा कालावधी वापरण्यात आला. आ. १८ तील I.S.D. वक्र खालीलप्रमाणे तयार करण्यांत आले.

(अ) S वक्र म्हणून उत्प्लव मार्गाच्या माथ्याच्या पातळीवर असणाऱ्या जलाशयाच्या संचयक्षमतेचा वक्र आलेखित करण्यात आला. त्याचा 'भूज' एकर फुटांत व जलाशयातील पातळचा 'कोटी' धरण्यांत आल्या.

(आ) उत्प्लवमार्गाचे "कवलन" वक्र (Rating Curves) Q वक्र म्हणून आलेखित केले. त्यांचे "भूज" सेकंड फूट व जलाशय पातळचा "कोटी" म्हणून धरल्या.

(इ) जलाशय पातळीशी जुळणारी अर्धी उत्प्लवी निःसारण क्षमता जी १२ तासातील एकर फुटामध्ये निर्देशित केली आहे ती S वक्रामधून वजा करून वक्र $B_{१२}$ संगणित केला होता आणि S वक्राला दर १२ तासास एकर फुटांत येणारी अर्धी उत्पल्लवी निःसारण क्षमता वाढवून $E_{१२}$ वक्राचे संगणन करण्यात आले. ज्याअर्थी (अंदाजानें) १ सेकंद फूट दर हादरदिवशी २एकर फुटाइतका असतो त्याअर्थी Q वक्राचा सेकंद फुटातील (भूज) दर १२ तासाच्या एकर फुटांतील उत्प्लवी निःसरण क्षमतेइतका होतो व हेही लक्षांत ठेवावे की एकर फुटांत S वक्राचे (भूज) प्रमाण Q से. फुटातील वक्राच्या प्रमाणाच्या दुप्पट असते. म्हणून $B_{१२}$ वक्रावरील केंद्राचे संगणन जलाशयातील पातळीशी जुळणाऱ्या Q वक्रावरील भुजा इतकी अंतरे S वक्राच्या डाव्या बाजूस सोडून रेखाचित्रीय पद्धतीनें करण्यात यावे आणि S वक्राच्या उजव्या बाजूस तितकीच अंतरे सोडून $E_{१२}$ वक्राचे संगणन करण्यांत यावे. अशाच पद्धतीने कालांतरातील फरक लक्षात घेऊन $B_{६}$ आणि $E_{६}$ या वक्रांचेही संगणन करण्यात यावे.

५६ पूरमार्ग निर्धारणाच्या संगणनाचा नमुना

I.S.D. वक्र वापरून जलाशयातून पूरप्रवाह मार्गस्थ करण्याची एक सोयीस्कर पद्धत सारणी १० मध्ये समाविष्ट केलेल्या संगणनाने दर्शविली आहे. अंतःप्रवाहाचे प्रमाण व राशी यांची माहिती ३ ते ५ स्तंभांत समाविष्ट केली आहे आणि ती आ. १७ C मधील B या जलालेखाशी मिळतीजुळती आहे. स्तंभ ५ मधील पहिल्या ४ अंतःप्रवाहातील वाढी १२ तासांच्या अवधी करता संगणित केल्या

सारणी क्र. १०

पूर – निर्धारणांच्या संगणनांचा नमुना

पुराच्या सुरवाती पासूनचा वेळ, तासांत	मध्यंतराचा कालावधी (T),तासांत	जलाशयात येणाऱ्या प्रवाहाचे तात्कालिक प्रमाण (I) घ. फू. सें. त[a]	मध्यंतराच्या सुरवातीच्या आणि अखेरच्या प्रस्त्रावाची बेरीज (I_1+I_2)	मध्यंतराच्या कालावधीमधील जलाशयांत येणाऱ्या प्रवाहाची राशी एकर फूट[b]	मध्यंतराच्या अखेरीस असणारी जलाशयाची पातळी फुटात m.s.l.[c]	मध्यंतराच्या अखेरीस असणारे सांडव्यावरील प्रस्त्रावाचे प्रमाण घ. फू./सें.[c]
१	२	३	४	५	६	७
०		२०००			४३०.०	०
१२	१२	३८००	५८००	२९००	४३०.३	५००
२४	१२	१०४००	१४२००	७१००	४३१.०	२०००
३६	१२	५२४००	६२८००	३१४००	४३३.६	१२०००
४८	१२	१७३१००	२२५५००	११२७००	४४०.५	६४०००
५४	६	२२१४००	३९४५००	९८६००	४४४.६	१०६०००
६०	६	२४५८००	४६७२००	११६८००	४४८.२	१४७०००
६६	६	२३७५००	४८३३००	१२०८००	४५०.६	१७८०००

७२	६	२११८००	४४९३००	११२३००	४५१.८	१९३०००
७८	६	१८००००	३९१८००	९७९००	४५१.८	१९३०००
८४	६	१४८६००	३२८६००	८२१००	४५१.१	१८४०००
९६	१२	९२८००	२४१४००	१२०७००	४४८.१	१४६०००
१०८	१२	५४१००	१४६९००	७३४००	४४४.५	१०५०००
१२०	१२	२९७००	८३८००	४१९००	४४१.०	६९०००
१३२	१२	१६५००	४६२००	२३१००	४३८.२	४४०००
१४४	१२	८८००	२५३००	१२६००	४३६.१	२८०००
१५६	१२	४०००	१२८००	६४००	४३४.५	१७०००
१६८	१२	२५००	६५००	३२५०	४३३.४	११०००
१८०	१२	२०००	४५००	२२५०	४३२.६	८०००
१९२	१२	२०००	४०००	२०००	४३२.०	५०००

[a]अंतर्वाहाचे प्रमाण आ. १७तील जलालेख B इतका आहे.

[b]मध्यंतरातील अंतर्वाहाचे सरासरी प्रमाण = $\frac{1}{2}(I_1 + I_2)$ (अंदाजी).
जर T = १२ तास असेल तर अंतर्वाहाची राशि = $\frac{1}{2}(I_1 + I_2)$ (अंदाजी)
जर T = ६ तास असेल तर अंतर्वाहाची राशि = $\frac{1}{4}(I_1 + I_2)$ (अंदाजी).

[c]आ. १८ त दाखविलेल्या वक्रानी संगणित केलेली.

होत्या म्हणून पहिल्या ४८ तासांच्या कालावधीतील पुराच्या संगणनाकरता आ. १८ मधील B_{12}, E_{12} हे वक्र वापरण्यात आले होते. पूर येऊ लागल्यावर सुरुवाती-पासूनच्या पहिल्या ४८ ते ८४ तासांच्या कालावधीकरता अपवाहाचे आणि टप्याटप्याच्या जलालेखाचे बिनचूक स्वरूप (definition) समजावे म्हणून ६ तासाच्या कालावधीच्या अपवाहाच्या माहितीवरून तयार केलेले B_6 आणि E_6 ही वक्रे वापरण्यांत आली होती.

पुराच्या सुरुवातीची जलाशयातील पाण्याची आरंभीची पातळी ४३०.० फूट धरण्यात आली होती (पहा अ. ५३) आ. १८ मध्ये राऊटिंगची क्रिया रेखाचित्रीय पद्धतिने दाखवण्यात आली आहे. सुरुवातीला संबंधी अंतःप्रवाहाची राशी थोडी असल्याने या क्रियापद्धतीतील आरंभीच्या पायऱ्या अस्पष्ट आहेत पण ही पद्धति राऊटिंगच्या चौथ्या टप्प्यातील A.B.C. या मालिकेत दिग्दर्शित केलेल्या पद्धतीसारखीच आहे. B_{12} वक्रावरून उपलब्ध झालेली १२ तासांतील अपवाहाची वाढ (११२,७००) एकर फूट, भूज AB म्हणून वापरण्यात आली आणि ती रेषा पुराच्या ४८ तासांच्या अखेरीची जलाशयाची (४४०.५ फूट) पातळी प्राप्त करण्याकरता B बिंदूपासून 'C' या बिंदूजवळ वक्र १२ ला छेद देईल अशी उभी रेखाटण्यात आली.

अंतःप्रवाहातील ५ वी वाढ ही ६ तासांच्या कालावधीची होती म्हणून ते अंतःप्रवाह मूल्य (९८६०० ए. फू.) B_6 या वक्रावर भुज म्हणून D. E. या रेषेने दाखविण्यात आले. ५४ तासांच्या पुराच्या कालावधीच्या अखेरीस उद्‌भवणारी जलाशयांतील (४४४.६ फूट) पातळी प्राप्त करण्याकरता E_6 या वक्रापर्यंत ती रेषा उभ्या दिशने प्रक्षेपित करण्यात आली. याप्रमाणे जलाशयांतील टप्प्या-टप्प्याचा संपूर्ण जलालेख १० व्या सारणीतील ३ ऱ्या स्तंभातील कोष्टकांत संगणित करण्यांत आला. जलाशयांतील निरनिराळ्या पातळ्यांशी जुळणाऱ्या (सारणी १० तील स्तंभ ७ मधील) उत्प्रवाहांची प्रमाणे Q या वक्रावरून वाचण्यांत आली. हे निष्कर्ष आ. २० मध्ये आरेखित करण्यात आले.

वर दर्शविलेल्या पूरमार्ग निर्धारण क्रियापद्धतीची सप्रमाणता खालील प्रमाणे सिद्ध करता येते.

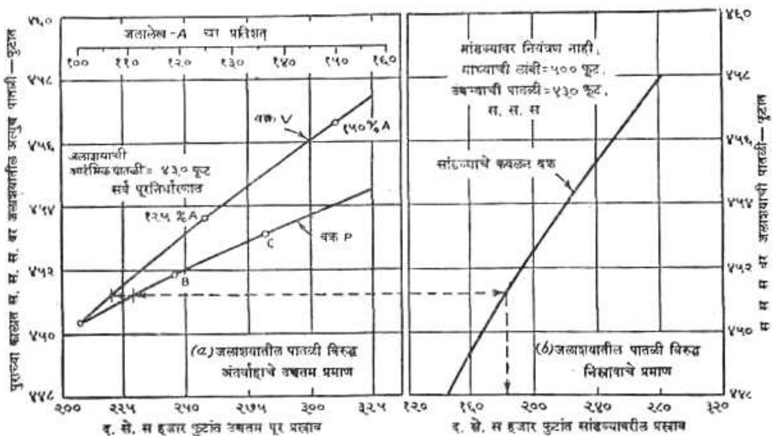
आ. १८ मध्ये GI ही रेषा ६ तासाच्या अंतःप्रवाहाची राशी दाखविते असे समजा. GF ही ६ तासाच्या कालमानाच्या सुरवातीचे अपवाहाचे प्रमाण, KJ ६ तासांच्या कालमानाच्या अखेरचे अपवाहाचे प्रमाण दाखविते असे समजा.

$$\frac{(GF + KJ)}{2} = \text{अपवाहाच्या सरासरी प्रमाण} = GF + IJ$$

$GI - (GH + IJ) =$ ६ तासांच्या कालमानातील सुरवातीच्या व अखेरच्या जलाशयाच्या पातळीतील (IJ) फरकाशी जुळणारी संचित जलराशी.

५७. पूरमार्ग निर्धारणाच्या (राऊंटिंगच्या) निष्कर्षांची आलेखीय मांडणी

जलाशयातून एकादा विशिष्ट जलालेख मार्गस्थ करून प्राप्त केलेली संचित जलराशीची अत्युच्च पातळी ही पूर अपवाहाची राशी व प्रमाण अधिभारित (Surcharge) संचय आणि अपवाहाचे प्रमाण यांच्या एकत्रित परिणामाचे प्रतिबिंब असते. अ. ५० मध्ये नमूद केलेल्या जलालेखासारखे गृहीत जलालेख मार्गस्थ करून प्राप्त केलेल्या निष्कर्षांच्या संक्षिप्त आलेखीय वितरणाची, अपवाहाचे प्रमाण व राशी यासंबंधीच्या अनुमानातील होणाऱ्या विविध प्रकारच्या फरकांची परिणामांच्या अभ्यासांत बहुमोल मदत होते.



टीपा-

एक समान अपवाहाच्या राशी दाखविणाऱ्या आ. १७ (c) मधील अनुक्रमे जलालेख Ⓐ, Ⓑ व Ⓒ यांचे मार्ग निर्धारण करून P या वक्रावरील A, B आणि C हे बिंदू प्राप्त करण्यात आले. आ. १७(c) मधील जलालेख Ⓐ च्या सर्व कोटी निरनिराळ्या टक्केवारीत वाढवून जलालेखांचे मार्ग निर्धारण करून वक्र V संगणित करण्यात आला

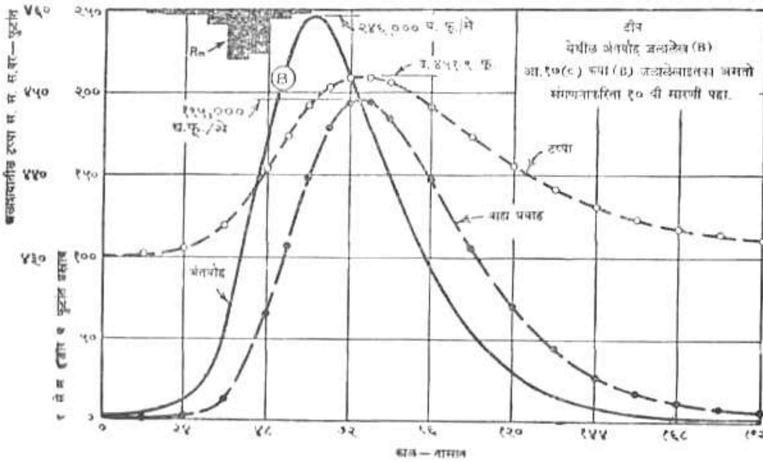
पूरमार्ग निर्धारणांचे निष्कर्ष.

आ. १९. पूर निर्धारणांचे निष्कर्ष

आ. १९ मध्ये दाखविलेले नकाशाचे नमुने विशेष प्रकारे उपयुक्त होतात असे सिद्ध झाले आहे. अ. ५६ मध्ये निर्देशन केलेल्या नमुना संगणनांत गृहीत धरलेल्या कारवाईच्या आराखड्यातील "तात्पुरत्या उत्प्लवी अभिकल्पन पुरातील" जलाशयातील उच्च पातळी आ. १९ a मधील A या बिन्दूने दाखविली आहे. अपवाहातील अधिक संकेंद्रण आणि अधिक उच्चतम प्रमाण आहे अशा तात्पुरत्या उत्प्लवी अभिकल्पन पुराच्या राशीइतकी एकूण राशी दाखविणारा गृहीत जलालेख मार्गस्थ करून P या वक्रावर बिंदू संगणित करण्यात आले. स्वीकृत उत्प्लवी अभिकल्पन वादळापासून निर्माण होणाऱ्या अपवाहाचे "क्रांतिक" क्षेत्र अंदाजित करताना संभाव्य चुकांचा संख्यात्मक परिणाम P या वक्रावरून निश्चित करता येतो. या उलट तात्पुरत्या उत्प्लवी अभिकल्पन पुरांच्या जलालेखांच्या सर्व कोटी मधील प्रत्यक्ष वाढीची टक्केवारी दाखविणारे गृहीत जलालेख मार्गस्थ करून वक्र V हा संगणित करण्यांत येतो. जलालेखातील कोटींची (ऑर्डिनेट्स्ची) टक्केवारीवाढ ही संकल्पित वादळी पाऊसाच्या अतिरिक्त-संख्यात्मक राशीतील वाढीइतकी असते.

मात्र तात्पुरत्या उत्प्लवी संकल्पित पुराच्या अंदाजाचा विकास करण्याकरिता वापरण्यात येणाऱ्या एकांकी जलालेखांत दिसून येणाऱ्या अपवाहाच्या गृहीत कार्यक्षेत्रामध्ये (REGIMEN) फेरबदल झालेला नसतो. वक्र V व वक्र P यांच्या उतारांची तुलना करणे हे अपवाहाची क्रांतिक राशी आणि क्षेत्र यांचा अंदाज करताना होणाऱ्या संभाव्य चुकांचा सापेक्ष परिणामाचे द्योतक चिन्ह म्हणून उपयुक्त होते. आ. १९ मध्ये तुटक रेषेने दाखविल्याप्रमाणे आ. १९ b वरून जलाशयांतील कोणत्याही पातळीशी जुळणारे उत्प्लवी निःसारणाचे प्रमाण काढता येते.

उत्प्लवी अभिकल्पन पुरातील उत्प्रवाहाचे प्रमाण व उच्च जलाशयातील टप्प्यांचा कालावधी अंदाजित करण्याकरता आ. २० मध्ये दाखविलेल्या जलालेखासारखे जलालेख तयार करणे इष्ट असते. शिवाय संकल्पित पुरांतील अतिरिक्त पर्जन्य आणि अंतःप्रवाह उत्प्रवाह टप्पा जलालेख यांचे कालसंबंधांचे, कार्यवाही अनुसूची आणि पुरांचे भाकित करण्याच्या यंत्रणा निश्चित करण्याकरता महत्त्व असते.



आ. २० जलाशयातील अंतर्वाह (अंत:प्रवाह), टप्पा, बाह्यप्रवाह (उत्प्रवाह) यांचे जलालेख

५८ मुक्त बांध

संकल्पित उत्प्लवी पुरांतील जलाशयातील पाण्याची अत्युच्च पातळी आणि बंधाऱ्याचा माथा यांच्या उंचीतील फरकाला "मुक्त बांध" ही संज्ञा दिली जाते. लाटांच्या आघातामुळे व वाऱ्यांच्या स्थापनामुळे (Set up) बंधाऱ्याच्या माथ्याची गंभीर प्रमाणांत होणारी हानी रोखण्याइतपत मुक्त बांध पुरेसा असावा. प्रकरण ७ मधील अ. ९ व १० मध्ये याची लक्षणे विवेचित केली आहेत.

५९. सुरक्षा मर्यादा

सामान्य विचार--

पुष्कळवेळा सांडव्याच्या अपुऱ्या क्षमतेमुळे मोठे बंधारे फुटून जातात आणि परिणामतः मोठ्या प्रमाणांत जीवित हानी होण्याचा संभव निर्माण होतो. संबंधित क्षेत्रात जास्तीत जास्त पूर केवढा आला होता हे माहीत असले व तो वाहून नेण्याची सांडव्याची क्षमता पुरेशी असली तर अशा तऱ्हेची धरणे फुटण्याचा संभव अत्यंत कमी असतो. तरीसुद्धा संपूर्णपणे सुरक्षिततेची खात्री असावी म्हणून अपेक्षित अशा आत्यंतिक क्रांतिक परिस्थितीलाही शक्यतो तोंड देईल असे सांडव्याचे बांधकाम असले पाहिजे व शिवाय योग्य तितक्या सुरक्षा मर्यादेची जोड दिली पाहिजे.

धरणाच्या खालच्या बाजूच्या मालमत्तेचा धोका जास्त प्रमाणात वाढणार नाही अथवा धरण चालू केल्यामुळे अगर ते फुटल्यामुळे होणाऱ्या नुकसानीची योग्यप्रकारे भरपाई देता येईल अशी हमी घेणे नैसर्गिक प्रवाहांत कोणतेही बांध-काम करू इच्छिणाऱ्या संस्थावर बंधनकारक असते हे अभिप्रेत आहे. तुलनेने खुज्या बंधाऱ्यांच्या सांडव्याच्या क्षमतेचा अंदाज करतांना शक्यतो कमीत कमी खर्च येईल अशा तऱ्हेची सुरक्षा मर्यादा विचारात घेतली जाते. कारण असे धरण फुटल्यास त्यामुळे मालमत्तेचे नुकसान फार होत नाही व जीवितहानीचा धोका गंभीर नसतो. परंतु जेव्हा उंच धरण बांधले जाते तेव्हा सांडव्याची क्षमता अपुरी असल्याने जर धरण फुटले तर इतकी नुकसानी होते की नुकसानीची न्याय-निष्ठेची रक्कम व्यवहार्य असली तरी तिची भरपाई करणे प्रकल्पाच्या मालकांच्या शक्तीपलीकडे असते. अशा तऱ्हेच्या धरणफुटीमुळे होणाऱ्या सामाजिक परि-णामांचे व जीविताच्या धोक्याचे आर्थिक मूल्यमापन करणे शक्य नसते.

फक्त बांधकामाच्या धोक्याचा संबंध असेल तर अशा अनेक प्रकल्पाचे पुरस्कर्ते त्याला पूर्णपणे व खात्रीलायक संरक्षण देण्याकरता लागणारा खर्च करण्या-ऐवजी अशा आत्यंतिक पुरांच्या असंभाव्यतेवरच भरवंसा ठेवतात. परंतु जेव्हा धोक्यातील प्रधान अंश धरणाच्या खालच्या मालमत्तेसंबंधी असतो, त्यावेळी उत्प्लवी संकल्पित पुराच्या अभिलक्षणाच्या विकासाचा विचार करताना अतिशय नेमस्त धोरण ठेवावे लागते. धरण फुटल्यामुळे होणाऱ्या संभाव्य हानी आणि मानवी जीवनाच्या धोक्यांचा अंदाज करतांना खालील बाजूच्या पूर क्षेत्रांतील भविष्यकालीन संभाव्य विकास तसेच तेथील सध्याची परिस्थिती यांचाही विचार करणे अगत्याचे असते.

एकाद्या विशिष्ट प्रकल्पातील बंधाऱ्याच्या सांडव्याच्या क्षमतेची पर्याप्ति आणि उंची ठरवितांना अनेक बाबी विचारांत घ्याव्या लागतात. उदाहरणार्थ-सांडव्याच्या प्रस्त्रावाची क्षमता आणि अधिभारित जलसंचय यांचे परस्पर संबंध व मुक्त बांधाकरिता लागणारी माया विचारांत घ्याव्या लागतात. तसेच धरणाचा माथा, लाटांचा मारा सहन करील इतका भक्कम असावा लागतो आणि सांडव्याच्या संकल्पित पुराच्या गृहीत अंदाजाची संभाव्यता बिनचूक असावी लागते.

६० अधिभारित जलसंचय आणि सांडव्यावरील प्रस्राव निःसारण यांचा अन्योन्य संबंध.

पूर्ण भरलेल्या जलाशयातील पाण्याच्या सामान्य पातळीपेक्षा जास्त असलेल्या जलाशयाच्या उंचीला 'अधिभार' ही संज्ञा पुढील विवेचनांत वापरण्यात आली आहे. जलाशयाच्या अधिभारित उंचीशी समान असणाऱ्या त्यांतील संचयाच्या राशीला 'अधिभारित संचय' असे नांव देण्यांत आले आहे. अनिर्बंधित सांडव्याच्या उंबरठ्याच्या (Sill) पातळीशी जलाशय पूर्ण भरण्याच्या वेळेची स्थिती सामान्यतः जुळणारी असते, आणि ती निर्बंधित सांडव्याच्या माथ्यावरील दरवाजांच्या शीर्षाच्या पातळीशी जुळणारी असते, अर्थात या नियमाला कांही अपवाद असतात.

क्रांतिक पूरराशीचा बिनचूक अंदाज आणि एकाद्या विशिष्ट निःसारण खोऱ्यांतील क्रांतिक अपवाहाचे परिमाण यांच्या एकमेकाशी तुलना करण्यातील तद्विषयक महत्व तेथील जलाशयातील अधिभारित संचय क्षमता आणि त्याशी संबंधित पाण्याच्या पातळीच्या वेळी असणारी उत्प्लवी निःसारणक्षमता यांच्या परस्पर संबंधावरून निश्चित करण्यात येते. पाण्याचा एक थेंबही (तळ्यातून) बाहेर जाणार नाही अशा तऱ्हेने संभाव्य अशा अत्युच्च पुरांतील संपूर्ण (जल) राशी (तळ्यांत) सामावून जाईल इतकी जर एकाद्या विशिष्ट धरणाची उंची असली तर अशावेळी जलाशयांत जी अत्यूच्च पातळी असते ती पुरांतील राशीवर अवलंबून असते आणि तिच्यावर कोणच्याही प्रकारच्या अंतःप्रवाहाच्या प्रभावाचा परिणाम होत नाही. अशावेळी संभाव्य अशा अत्युच्च पुराच्या काळांत जलाशयातील कमाल पातळीचा अंदाज, त्यावेळी असणारी पूर अपवाहाची राशी, जलाशयांतील प्रारंभिक जलसंचयाची पातळी, आणि जलसंचय क्षमतावक्र यांची जितक्या बिनचुक तऱ्हेने निश्चिती करतां येईल त्यावर संपूर्णतया अवलंबून असतो. उलटपक्षी जर सांडव्याला दरवाजे ठेवलेले असतील आणि ते (दरवाजे) अधिभारित (जल) संचय साठणार नाही अशा तऱ्हेने कार्यवाहीत आणले असतील तर (जलाशयातून) पाणी बाहेर जाण्याचे कमाल प्रमाण आणि जलाशयात येणाऱ्या पाण्याचे कमाल प्रमाण हे एकमेकांइतके असतात. मग यावेळी पूरराशी कितीही असो. अशावेळी सांडवा केवढा असावा याच्या अंदाजाची विश्वसनीयता उत्प्लवी 'कवलन वक्राची' अचूकता आणि अपवाहाच्या अत्युच्च प्रमाणाचा बिनचुक अंदाज यावर अवलंबून असते.

बहुतेक जलाशयांच्या प्रकल्पांच्याबाबतीत अधिभारित जलसंचय आणि सांडव्याची निःसारणक्षमता यांचे परस्परसंबंध वर उल्लेखिलेल्या दोन परिसीमांच्या दरम्यान असतात.

पूर्वीच्या परिच्छेदातील चर्चेला धरून असा खालील सामान्य सिद्धान्त मांडता येईल की, महापुरांतील क्रांतिक कालावधीतील उत्प्लवी निःसारणाच्या तुलनेने जर जलाशयांतील अधिभारित संचयक्षमता जास्त असेल तर अंतःप्रवाहाचे परिमाण अचूकपणे निश्चित करण्यापेक्षा उत्प्लवी संकल्पित पुराच्या राशीचे अचूक अनुमान करणे हे जास्त महत्वाचे असते. याउलट जर अधिभारित जलसंचयाच्या राशीपेक्षा उत्प्लवी निःसारण तुलनेने जास्त असेल तर अपवाहाचे क्रांतिक प्रमाण बिनचुक निश्चित करणे अत्यंत महत्वाचे ठरते. (अ. ५७ पहा).

६१ मुक्तबांध—सवलत

उत्प्लवी संकल्पित पुराच्या कालावधीत लाटांच्या आघातापासून संरक्षण करण्याकरता जो मुक्तबांध ठेवलेला असतो त्यावर अधिक्रमण होऊं देऊं नये. अर्थात काहीवेळा मुक्तबांध हीच सुरक्षिततेची मर्यादा आहे असे मानण्यास हरकत नाही. मात्र अशावेळी जेव्हां जलाशयातील पातळी अत्युच्च पातळीचे जवळपास असते तेव्हा मोठ्या लाटा उत्पन्न होतील असा वाऱ्याचा वेग निर्माण होण्याची संभाव्यता अतिशय कमी असेल अशी खात्री असली पाहिजे.

लाटांच्या आघातामुळे होणाऱ्या नुकसानीपासून धरणाचे संरक्षण हे केवळ मुक्तबांधाच्या उंचीवरूनच संपूर्णपणे निश्चित करतां येत नाही. लाटामुळे होणाऱ्या क्षरणापासून होणारे नुकसान थोपविण्याची बंधाऱ्याची क्षमताही तितकीच किंवा त्यापेक्षाही जास्त महत्वाची असते. बंधाऱ्याच्या पृष्ठतलावरील लाटांच्या प्रत्यक्ष आघातामुळे आणि आणिबाणीच्या काळांतील बंधाऱ्याच्या माथ्यावर उडणाऱ्या लाटांच्या फवाऱ्यामळे होणारे धोकादायक क्षरण ही दोन्ही रोखण्याइतकी संरक्षक तरतूद केली पाहिजे.

६२ उत्प्लवांच्या अभिकल्पनांतील अचूकता—पुरांचे अंदाज

उत्प्लवी अभिकल्पित पुराचा खात्रीलायक अंदाज ज्या बाबीवरून निश्चित करता येतो त्यांचा गोषवारा खाली दिला आहे.

(अ) आधार भूत अभ्यासात जी जलविज्ञानविषयक माहिती वापरण्यात येते तिची व्याप्ति आणि अचूकता :–

कमी कालावधीच्या पेक्षा जास्त कालावधीच्या जलविज्ञानविषयक माहितीवर आधारलेल्या संभाव्य अशा जास्तीत जास्त पुरांचे अंदाज जास्त खात्रीलायक असतात असे मानणे संयुक्तिक असते. प्रातिनिधिक स्वरूपाच्या परिस्थितीच्या परिक्षेत्राकरिता खात्रीलायक अशी आधारभूत माहिती उपलब्ध असेल तर जलविज्ञानविषयक अभ्यास करणे शक्य असते व त्यामुळे संबंधित निःसारण खोऱ्यातील अपवाहाच्या वैशिष्ठ्यांच्या अनिश्चिततेचे निराकरण होऊ शकते. मात्र केवळ बऱ्याच कालावधीची माहिती उपलब्ध आहे म्हणून त्या क्षेत्रातील क्रांतिक पुरांच्या संभाव्यतेचे दिग्दर्शन होतेच असे निश्चित म्हणता येणार नाही. उदाहरणार्थ संयुक्त अमेरिकेच्या ईशान्य भागातील अंदाजी तीनशे वर्षांच्या काळातील अभिलक्षित मोठ्यांत मोठ्या पुरांपैकी तीन पूर १९३६ आणि १९३८ या वर्षांच्या दरम्यान आले होते.

(आ) हवामान विषयक व जलविज्ञानविषयक अभ्यासांची परिपूर्णता :–

एकाद्या खोऱ्यांतील पुराच्या संभाव्यतेसंबंधीच्या ढोबळ चुकीच्या कल्पना टाळण्याकरता पुराच्या माहितीला हवामान विषयक विश्लेषणाची जोड देण्यात यावी. अनेक परिस्थितीच्या संयोगाने अत्युच्च पूर येणे क्वचित घडते व त्यांची वारंवारता तुलनेने कमी असते. अशा वारंवारता कमी असणाऱ्या घटनामुळे एकाद्या विशिष्ट खोऱ्यातील त्या खोऱ्याकरताच फक्त उपलब्ध असलेल्या जलविज्ञानविषयक माहिती वर आधारलेले अत्युच्च पुराचे संभाव्य अंदाज तयार करणे पूर्णपणे अव्यवहार्य असते. अभ्यासांतर्गत खोऱ्याच्या आसपासच्या सामान्य क्षेत्रांतील पुरांची माहिती आणि मोठी वादळे यांच्या अन्वेषणाची विशिष्ठ खोऱ्यांतील उपलब्ध माहितीला जोड देणे शक्य होते. त्यामुळे (यावरून काढलेल्या) निष्कर्षांच्या विश्वसनीयतेतही भर पडते.

(इ) मिळविलेल्या माहितीचे विश्लेषण आणि निर्वचन करण्यांत गुंतलेल्या कर्मचारी वर्गाचा अनुभव आणि तारतम्य :–

जलविज्ञानविषयक आणि हवामानविषयक अभ्यासाचे शिक्षणाने आणि अनुभवाने प्राप्त केलेल्या ज्ञानाचा संकल्पचित्रातील पूर अंदाज

खात्रीपूर्वक करण्याकरता फार उपयोग होतो. अनेक जलविज्ञान व हवामान विषयक घटनांच्या विभिन्न वैशिष्ठ्यामुळे अशा कामी येणाऱ्या समस्या सोडविण्याकरता लागणारा व्यापक अनुभव क्वचितच एकाच व्यक्तीला असू शकतो. म्हणून अन्य अन्वेषणातून प्राप्त केलेल्या निष्कर्षांची माहिती असलेल्या तांत्रिक प्रकाशनांचा सखोल अभ्यास करून आपल्या अनुभवास जोड देणे हे नेहमी अधिक महत्वाचे असते.

(ई) खोऱ्याचा आकार, त्यातील अंतःसरण आणि अपवाह याच्यावर परिणाम होणारी भौतिक लक्षणे, आणि त्या विभागातील वैशिष्ठ्यपूर्ण हवामान परिस्थिती :–

एकाद्या खोऱ्यातील क्रांतिक पुराच्या व्याप्तीचा खात्रीपूर्वक अंदाज करणे दुसऱ्या क्षेत्रापेक्षा (कधी कधी) जास्त कठीण असते. उदाहरणार्थ ज्या खोऱ्यांत साधारणपणे वादळी पर्जन्यातील ८० ते ९० टक्के पाऊस वाहून जातो अशा खोऱ्यातील किमान अंतःसरणाचा अंदाज करण्यात होणाऱ्या चुकांची व्याप्ती तुलनेने कमी असते. याउलट ज्या खोऱ्यांची जास्त प्रमाणांत अंतःस्त्राव क्षमता असते अशा वैशिष्ट्यपूर्ण खोऱ्यातील निःसारण हानीचा अंदाज करण्यात संभाव्य चुका मोठ्या प्रमाणांत होतात. सामान्य नियम असा की लहान खोऱ्यातील अपवाहाचे अत्युच्च प्रमाण अंदाजित करण्यात येणारी चुकांची टक्केवारी मोठ्या खोऱ्यांकरता करण्यात येणाऱ्या अंदाजातील चुकापेक्षा जास्त असण्याची शक्यता असते, याच्या सत्यतेची अनेक कारणे आहेत. लहान खोऱ्यांत नेहमीच्या पर्जन्य आणि आत्यंतिक पर्जन्य यांच्या परिणामांतील फरक जास्तीत जास्त असतो. सामान्यतः लहान खोऱ्यांतील पात्रांतील संचयावरील अधिमिश्रक परिणाम सामान्यतः कमी असतो आणि अशा खोऱ्यातील वैशिष्ठ्यास अनुरूप अशा एकाएकी येणाऱ्या पुरामुळे होणाऱ्या वाढीचे बिनचूक मापन करणे अत्यंत अवघड असल्याने तेथील निःसारण क्षेत्रांतील मोठ्या पुरांचे ज्ञान बरेच अपुरे असते. ज्या खोऱ्यातील पात्रांची संचयक्षमता मोठी असते अशा खोऱ्यांत पावसाच्या तीव्रतेतील मोठे फरक तेथील निःसारणाच्या प्रमाणावर थोडा परिणाम करतात. या उलट तितक्याच फरकामुळे अन्य खोऱ्यांत परिणामकारक तफावत पडण्याची शक्यता असते.

६३. सुरक्षा मर्यादा – सारांश

मागील चर्चेवरून असे दिसून येते की, उत्प्लवी संकलिपत पुराच्या अंदाजास लागू पडेल अशी सुरक्षिततेची योग्य मर्यादा ठरविण्याकरिता अगदी साचेबंद असे नियम घालून देणे शक्य नाही. अंतिम निर्णय तारतम्यावरच बहुतांशी आधारले गेले पाहिजेत. उत्प्लवी संकलिपत पुराचा अंदाज तयार करण्याचा उद्देश अत्यंत कठीण परिस्थितीत सुद्धा धरण सुरक्षित राहील अशी त्याची उंची व सांडव्याची क्षमता असावी हा असल्याने या कामी परिणामकारक ठरणाऱ्या घटकांचा व्यक्तिगत परिणाम महत्वाचा नसून अशा सर्व घटकांचा एकत्रित परिणाम अंतिम महत्वाचा असतो. अर्थात उत्प्लवी पूर संकल्पाचा अंदाज करताना त्यातील अंगभूत नेमस्तपणाचे मान जाणून घेण्याकरता (अशा अंदाजातील) संबंधित मुख्य घटकांतील रास्त तफावतीमुळे होणाऱ्या परिणामांचे मूल्यमापन करणे जरूरीचे असते. मागील परिच्छेदांत दिग्दर्शित केलेल्या संगणन पद्धती, एकाद्या विशिष्ट निःसारण खोऱ्यांतील क्रांतिक पूर जलालेखामुळे प्राप्त झालेल्या सामुदायिक घटना आणि व्यक्तिगत अवस्था यांचे काळजीपूर्वक परिक्षण करता यावे म्हणून, विकसित केल्या गेल्या आहेत.

६४. उत्प्लवी संकल्पित पूर जलालेखाची निवड :–

उपलब्ध असलेल्या माहितीवरून अपेक्षित हवामान विषयक व जलविज्ञान-विषयक अवस्था अत्यंत तीव्र प्रमाणांत एकत्र येण्यामुळे उत्पन्न होणारे अपवाहाचे संकेंद्रण व क्रांतिक राशीचे निदर्शन करण्याकरता "तात्पुरता उत्प्लवी संकल्पित पूर जलालेख" तयार करण्यात येतो. तात्पुरत्या उत्प्लवी संकल्पित पूर जलालेखाचे संगणन करण्याकरता फक्त जलविज्ञान विषयक आणि हवामानविषयक परिणामांचा विचार करावा लागत असल्याने एकाद्या विशिष्ट प्रकल्पांत स्वीकृत केलेल्या धरणाचा प्रकार आणि आकार, सांडव्याचा आकार, आणि मुक्त बांधाची उंची काहीही असली तरी तेथील जलालेख तोच असतो असे मानण्यास हरकत नाही. परंतु अंतिम उत्प्लवी संकल्पित पूर जलालेखाचा उद्देश, एकाद्या घटनेच्यावेळी धरण फुटू नये अगर त्याचे तीव्रतर नुकसान होऊ नये म्हणून सुरक्षिततेचा जो दर्जा असणे इष्ट असते तो आहे अशी खात्री असावी म्हणून ज्या सुरक्षिततेच्या मर्यादा समाविष्ट केलेल्या असतात त्या प्रतिबिंबित व्हाव्या, हा असतो.

सुरक्षिततेच्या इष्ट अशा मर्यादांचे निर्देशन व्हावे म्हणून तात्पुरत्या उत्प्लवी संकल्ति पूर जलालेखात ज्या प्रमाणांत फेरबदल करणे जरूर असते ते विशिष्ट

प्रकल्पातील घटकांवर अवलंबून असल्याने केवळ जलविज्ञानविषयक व हवामान विषयक अभ्यासावर अंतिम उत्प्लवी संकलिपत पूर जलालेखाची अभिलक्षणे आधारित करू नयेत. एकाच जागेवरील प्रकल्पांचे बाबतीत जर निरनिराळ्या संकल्पचित्रातील सुरक्षिततेची अंगे बऱ्याच प्रमाणात भिन्न असली तर तशा प्रकल्पाकरता वैकल्पिक संकल्प चित्रे तयार करण्याकरता उत्प्लवी संकलिपत पुरांची निरनिराळी अभिलक्षणे विचारात घेणे इष्ट होईल. परंतु अशा अभ्यासांत बऱ्याच अनिश्चित बाबी अंगभूत असल्याने संकल्प चित्र तयार करताना गृहीत धरलेल्या बाबीत लहान प्रमाणांत फरक होत असतो. त्यामुळे जलालेखांत फरक न करता तौलनिक दृष्ट्या सुरक्षितता मर्यादा पूर्णपणे प्राप्त होतील अशी सांडव्याची क्षमता व धरणाची उंची यांचा अत्यंत काटकसरीचा संयोग प्राप्त करण्याकरता पुरेसा नेमस्त मानला जाईल असा उत्प्लवी संकलिपत पूर जलालेख निवडण्याची सामान्य रूढ पद्धत अवलंबिली जाते.

अ. ५१ मध्ये चर्चिलेल्या नमूना संगणनाकरता, संबंधी प्रकल्पाकरता उत्प्लवी संकलिपत पूर जलालेख म्हणून आ. १७८ मधील जलालेख B निवडण्यांत आला होता. हा जलालेख (B) निवडतांना अ. ५९ ते ६३ मध्ये ज्या बाबींची चर्चा करण्यांत आली होती त्या विचारांत घेतल्या होत्या. प्रयोगात्मक धरणांत मानलेल्या सांडव्याच्या क्षमतेत व धरणाच्या उंचीत, संकल्पित पूर आल्यावेळी पुरेशी सुरक्षितता प्राप्त होईल असे अत्यंत काटकसरीचे संकल्प चित्र उपलब्ध व्हावे म्हणून किरकोळ फेरबदल करण्यांत आले होते.

III संदर्भ ग्रंथ

६५. सामान्य विवरण–– या प्रकरणांत ज्या प्रकाशनांचा उपयोग करण्यांत आला ती आकड्यांत दाखविली आहेत. इतर संदर्भ वरील लेखांत संपूर्णतया देण्यात आले आहेत.

१–रॉबर्ट ई. हॉर्टन, "डिटर्मिनेशन ऑफ इन्फिल्ट्रेशन कपॅसिटी फार लार्ज ड्रेनेज बेसीन्स," ट्रॅन्स. अमे. जिओफिजि. यूनियन, खंड २ रा, १९३७, पा. ३७१ ते ३८५

२–रॉबर्ट ई. हॉर्टन, अनॅलिसिस ऑफ रन ऑफ–प्लॉट एक्सपेरिमेंटस अँड व्हेरिंग इन्फिल्ट्रेशन कपॅसिटी", ट्रॅन्स. अमे. जिओफिजि. युनियन, खंड ४ था १९३९, पा. ६९३–७११.

३–एल. के. शेर्मन आणि एल. सी. मेयर, "ॲप्लिकेशन ऑफ इन्फिल्ट्रेशन थिअरी टू एंजिनिअरिंग प्रॅक्टीस," ट्रॅन्स. अमे. जिओफिजि. यूनियन, खंड ३ रा १९४१, पा. ६६६–६७७.

४–एल. के. शेर्मन, "दि यूनिट हायड्रोग्राफ अँड ॲप्लिकेशन," बुलेटिन ऑफ असोसिएटेड स्टेट एंजिनिअरिंग सोसायटीज्, एप्रिल १९४१.

५–जी. आर. फ्री, जी. एम. ब्राउनिंग, आणि जी. डब्ल्यू. मस्ग्रेव्ह, "रिलेटिव्ह इन्फिल्ट्रेशन अँड रिलेटेड फिजिकल कॅरॅक्टरेस्टिक्स ऑफ सर्टन सॉईल्स", यू. एस. डिपा. ॲग्रि. बुले. ७२९, जुलै १९४०, वॉशिंग्टन, डी. सी.

६–फ्रॅंक्लीन एफ. स्नायडर, "ए कन्सेप्शन ऑफ रन ऑफ फिनॉमिना , " ट्रॅन्स अमे. जिओफिजि. युनियन, खंड ४ था, पा. ७२५ ते ७३८.

७–फ्रॅंक्लीन एफ. स्नायडर, "सिंथेटिक यूनिट ग्राफ्स", ट्रॅन्स. अमे. जिओफिजि. यूनियन, खंड १ ला, १९३८, पा. ४४७–४५४.

८–ई. जे. रट्टर, क्यू. बी. ग्रेव्हज आणि एफ. एफ. स्नायडर, "फ्लड राउटिंग. ट्रॅन्स. अमे. सो. सि. इं. खंड १०४, १९३९, पा. २७५–३१३.

९–डब्ल्यू. बी. लँग्बीन, "सम चॅनेल स्टोरेज स्टडीज अँड देअर ॲप्लिकेशन टू दि डिटर्मिनेशन ऑफ इन्फिल्ट्रेशन", ट्रॅन्स. अमे. जिओफिजि. यूनियन, खंड १ ला पा. ४३५–४४७.

१०–बी. आर. गिल्क्रेस्ट आणि एल. ई. मार्श, "चॅनल–स्टोरेज अँड डिस्चार्ज रिलेशन्स इन दि लोअर ओहिओ रिव्हर व्हॅली", ट्रॅन्स. अमे. जिओ. फिजि. युनियन २२ वी वार्षिक सभा, १९४१.

११–बरट्रॅम. ई. बार्न्स, "दि स्ट्रॅक्चर ऑफ डिस्चार्ज–रिसेशन कर्व्हज", ट्रॅन्स- अमे. जिओफिजि. युनियन, खंड ४ था, १९३९, पा. ७२१–७२५

१२–जेरोम नेमिअस, "ॲन इन्ट्रोडक्शन टू दि स्टडी ऑफ एअर मास ॲंड एसेट्रॉपिक अनॅलिसिस," ५ वी आवृत्ति, (ऑक्टो. १९४०), अमेरिकन मिटी- रिऑलॉजिकल सोसायटी, मिल्टन, मॅस. यांनी प्रकाशित केलेली.

१३–"ए रिपोर्ट ऑन दि मॅक्सिमम पॉसिबल प्रेसिपिटेशन ओव्हर दि ओहिओ रिव्हर ट्रिब्यूटरी बेसीन्स अबव्ह पिट्स्बर्ग, पा." यू. एस. एंजिनिअर डिपार्टमेंटच्या सहकार्याने यू. एस. वेदर ब्यूरोच्या हायड्रोमिटीरिऑलॉजिकल विभागाने तयार करून प्रसिद्ध केलेला अहवाल.

१४–"ए रिपोर्ट ऑन दि मॅक्सिमम पॉसिबल प्रेसिपिटेशन ओव्हर ऑपॉपॅनूसक बेसीन अबव्ह यूनियन व्हिलेज, व्हीटी., यू.एस. एंजिनिअर डिपार्टमेंटच्या सह- कार्याने यू. एस. वेदर ब्यूरोच्या हायड्रोमिटीरि ॲलॉजिकल विभागाने तयार करून प्रसिद्ध केलेला अहवाल.

१५–"स्टॉर्म रेनफॉल ऑफ ईस्टर्न युनायटेड स्टेटस" मियामी कॉन्झवन्सी डिस्ट्रिक्ट, स्टेट ऑफ ओहिओच्या एंजिनिअरिंग कर्मचाऱ्यांचा टेक्निकल रिपोर्ट, भाग ५ वा (सुधारित, १९३६)

१६–एस. एम. वेली आणि जी. आर. इनायडर, "दि मॅक्सिमम प्रॉबेबल फ्लड अँड इट्स् रिलेशन टू स्पिल्वे कपॅसिटी," सिव्हिल एंजि. जानेवारी, १९३९, पा. ३२.

१७–गेल. ए. हॅयॅवे, "ॲप्लिकेशन्स ऑफ हायड्रॉलॉजी इन फ्लड कंट्रोल." प्रो. सि. हायड्रॉलॉजी कॉन्फरन्स, जून ३०–जुलै २, १९४१, पेन्सिल्व्हानिया स्टेट कॉलेज, अमे. सो. सि. इं., अमे. जिओफिजि. युनियन आणि सोसायटी फॉर प्रमोशन ऑफ एंजिनिअरिंग एज्युकेशन यांच्या विद्यमाने भरविलेली.

१८–मेरिल बर्नार्ड आणि वॉल्टर टी. विल्सन, "ए. न्यू टेक्नीक फॉर दि डिटर्मिनेशन ऑफ हीट नेसिसरी टू मेल्ट स्नो." ट्रॅन्स एम्. जिफिओजि. यूनियन, खंड १ ला, १९४१, पा. १७८–१८१.

१९–डब्ल्यू. टी. विल्सन, "ऍन आऊटलाईन ऑफ दि थर्मोडायनॅमिक्स ऑफ स्नो–मेल्ट" ट्रॅन्स. अमे. जिओफिजि. यूनियन खंड १ला, १९४१, पा. १८२–१९५

२०–फिलिप लाइट, "अॅनॅलिसिस ऑफ हाय रेट्स ऑफ स्नो मेल्टिंग, "ट्रॅन्स. अमे. जिओफिजि. युनियन, खंड १ ला, १९४१, पा. १९५–२०५.

२१–रॉबर्ट ई. हॉर्टन, "फिनॉमिना ऑफ दि कॉन्टॅक्ट झोन बिट्वीन दि ग्राऊंड सर्फेस अँड ए लेयर ऑफ मेल्टिंग स्नो", इंटर्न. असो. हायड्रॉलॉ. बुले. २३, १९३८, पा. ५४५–५६१.

२२–यू. एस. जिओलॉ. सर्व्हे वॉटर–सप्लाय पेपर्स–७९८, ७९९ व ८००.

२३–जॉर्ज डी. क्लाइड, "स्नो मेल्टिंग कॅरेक्टरिस्टिक्स," टेक. बुले. २३१, ऑगस्ट १९३१, ऊटा ॲग्रि. एक्स्पे. स्टे., ऊटा. स्टेट ॲग्रि. कॉलेज, लोगन, ऊटा.

२४–ऑटो एन्. रुगेन, "दि स्नो–मेल्ट प्रॉब्लेम अॅज अॅफेक्टिंग दि डिझाईन, ऑफ फ्लड कंट्रोल वर्क्स," (जे. इ. चर्च आणि एच. यू. स्वेड्रप यांनी केलेली चर्चा) ट्रॅन्स. अमे. जिओफिजि. यूनियन, भाग ३ रा, १९४० पा. १०३३ ते १०४६.

२५–"रिपोर्ट ऑन पार्शल सर्व्हे ऑन टेनेसी रिव्हर अँड ट्रिब्यूटरीज, एच. डी. १८५, ७० वी कॉन्ग्रेस, १ ले अधिवेशन, परिशिष्ट B, भाग २ रा, पा. ४६–६२.

२६–सी. एस. जार्व्हिस, "फ्लडस इन दि युनायटेड स्टेट्स्" यू. एस्. जिऑलॉ. सर्व्हे वॉटर–सप्लाय पेपर ७७१. १९३६.

२७–डब्ल्यू जी. हॉयट, "स्टडीज ऑफ रिलेशन ऑफ रेनफॉल अँड रन–ऑफ इन दि युनायटेड स्टेट्स्", यू. एस्. जिऑलॉ. सर्व्हे. वॉटर सप्लाय पेपर ७७२, १९३६.

२८–मेरिल्, बर्नार्ड, "फॉर्म्यूलाज फॉर रेनफॉल इंटेन्सिटीज ऑफ लाँग ड्यूरेशन, ट्रॅन्स. अमे. सो. सि. इं., १९३२, पा. ५९२.

२९–ग्रेगरी आणि आर्नोल्ड, "रन ऑफ–रॅशनल रन ऑफ फार्म्युलाज", ट्रॅन. अमे. सो. सि. इं., १९३२, पा. १०३८.

३०–डी. एल. यार्नेल, "रेनफॉल इंटेन्सिटी–फ्रीक्वेन्सी डेटा" यू. एस. डिपा. ॲग्रि., संकीर्ण प्रकाशन २०४, १९३५.

३१–सी. एस. जार्व्हिस, "फ्लड फ्लो कॅरेक्टरिस्टिक्स", ट्रॅ. अमे. सो. सि. इं. १९२६, पा. ९८५.

३२–ॲलन हॅझन, "फ्लड फ्लोज," जॉन वायली अँड सन्स, १९३०.

३३–कार्ल जी. पॉल्सेन, "दी मेजमेंट अँड कॉम्प्यूटेशन ऑफ फ्लड–डिस्चार्ज" ट्रॅन्स अमे. जिओफिजि. युनियन, भाग २, १९३९, पा. १७७.

३४–"रिपोर्ट ऑफ कमिटी ऑन फ्लड्स." जे. बॉस्टन सोसा. सि. इं. खंड–१७, क्र. ७, सप्टेंबर १९३०.

३५–"बुले. अमे. मिटीरि. सो." खंड १७, क्र. ६ व ७, जून, जुलै १९३६.

३६–मेरिल बर्नार्ड, "ॲन ॲप्रोच टू डिटर्मिनेट स्ट्रीम फ्लो," ट्रॅन्स. अमे. सो. सि. इं., १९३५, पा. ३४७.

३७–"फ्लड्स इन दि यूनायटेड स्टेट्स" (तपशीलवार वर्णन), यू. एस, जिऑलॉ. सर्व्हे वॉटर–सप्लाय पेपर्स, ८८, ९२, ९६, १४७, १६२, ३३४, ४८७. ४८८, ७७१, ७९८, ७९९, ८०० आणि ८१६.

३८–विलयम पी. क्रीगर, "पॉसिबल अँड प्रॉबेबल फ्यूचर फ्लड्स," सि. इं. नोव्हेंबर १९३९, पा. ६६८.

३९–क्रीगर अँड जस्टिन, "हायड्रो–इलेक्ट्रिक हॅंड बुक", जॉन वायली अँड सन्स, १९२७.

४०–परिशिष्ठ ७, फ्लड कमिशन, पिट्स्बर्ग, पा.

४१–आय. इ. हाऊक, "हाय रेनफॉल्स अँड रन ऑफ फ्रॉम स्मॉल एरियाज" इंज. न्यूज. रिकार्ड, खंड ८७, १९२२, पा. ४८०.

४२–ई. एफ. मॅक्कार्थी, "फॉरेस्ट कव्हर अँड फ्लड कंट्रोल", ट्रॅम, अमे. सो. सि. इं., १९२९

४३–एच. पी. एडी., ज्यू. "न्यू. इंग्लंड फ्लड्स् ऑफ १९३६" सिव्हिल इंज. मे १९३६.

४४–"नॅशनल आस्पेक्ट्स ऑफ फ्लड कंट्रोल, ए सिंपोझियम," ट्रॅन्स अमे. सो. सि. इं., १९३८.

४५–डब्ल्यू. ई. फुलर, "फ्लड फ्लोज," ट्रॅन्स अमे. सो. सि. इं., १९१४, पा. ५६४.

प्रकरण ६ वे

सांडवे*

१. प्रवणिका (Chute) सांडवा— जर धरण दगडी अगर मातीची असली, अगर काही विशिष्ट कारणामुळे धरणावरून पुराचे पाणी जाऊ देणे अशक्य असले अगर इष्ट नसले तर बंधाऱ्यानजिक कोणच्यातरी प्रकाराच्या सांडव्याची तरतूद केली पाहिजे. सांडव्याच्या सामान्य प्रकारांत धरणाच्या खालच्या बाजूस नैसर्गिक उतारावरून अगर खोदलेल्या मातीच्या अगर खडकाच्या तयार केलेल्या उतारावरून एक उथळ सांडवा बांधून तें पाणी वाहून नेले जाते. अशा जागी सांडव्याला लागणारी रुंदी प्रमाणित असेल तर अ.–२ मध्ये वर्णिलेल्या बाजूचा पार्श्व पात्री (Side Channel Spillway) सांडव्याकरिता उपयोग करण्यात येतो. पण ज्याठिकाणी जागा भरपूर असेल तेथे प्रवणिका सांडवा (Chute Spillway) बांधण्यात येतो. जेथे माती आणि खडक या दोघांचे चढउतार बांधकाम काटकसरीने करता येईल असे चांगल्या प्रकारे सोयीस्कर असतील अशीच जागा या सांडव्याकरिता निवडलेली असते. टिनोएस्टा, पा, या धरणाच्या प्रवणिका सांडव्याची रूपरेखा आ. १–(a) मध्ये दाखविली आहे. ज्या ठिकाणी (जल) विभाजक उथळ आहे, आणि ज्यातून पाणी वाहून नेले जाते तें अखेरचे टोक धरणाच्या चवड्यापासून दूर आहे अशीच जागा ठरविण्यात येते.

जरी "प्रवणिका सांडवा" असे या प्रकारच्या सांडव्याचे नाव सामान्यपणे प्रचलित आहे तरी ती संज्ञा गैरलागू आहे. कारण पार्श्व नालीचे (Side Channel) सांडवे, फार काय कॉन्क्रीटच्या बंधाऱ्यावरील अरुंद सांडवे, यासारख्या अनेक सांडव्यांनासुद्धा त्यांच्या निःसारणाच्या अखेरच्या टोकास प्रवणिका (Chute) अगर द्रोणिका यासारखी वैशिष्टये अस्तित्वात असतात. अर्थात् येथे वापरण्यात आलेली संज्ञा, बंधाऱ्यापासून विलग असलेल्या आणि त्याच्या मध्यरेषेशी काटकोनात ज्याचे शीर्ष आहे अशा आ. १ (a) मध्ये दाखविलेल्या सांडव्यासच लागू आहे, आणि त्याची नदीला मिळणारी निःसारण नाली रुंद खोदून बनविलेली असते आणि याही नालीवर संपूर्ण अगर काही भागात

* फक्त विशेष प्रकारचेच सांडवे– शिवाय प्र. ११, १४ आणि २४ पहावी.

कॉंक्रीटची फरशी करण्यात येते. (सांडव्याचा) माथा अगर प्रत्यक्ष सांडव्याची ऊंची आ.– १ (b) मध्ये दाखविल्याप्रमाणे अगदी किरकोळ किंवा जवळजवळ सपाट असते.

डेनिसन, टेक्स, धरणाच्या सांडव्याचे संकल्पचित्र तयार करतांना, डेनिसन, टेक्सासच्या यू. एस्. एंजिनिअर कार्यालयातील ए. एल्. आर्लीन यांनी या प्रांतांतील प्रवणिका सांडव्याचा संपूर्ण अभ्यास केला होता. त्या कार्यालयाने १९३९ च्या डिसेंबर महिन्यात त्यांनी तयार केलेला अहवाल, "रिपोर्ट ऑन शूट स्पिल्वें," या नावाने प्रसिद्ध केला आहे. पूर्वी संकलित केली गेली होती त्यापेक्षा कितीतरी अधिक माहिती या अहवालात समाविष्ट करण्यात आली आहे. या अनुच्छेदात आधार म्हणून या माहितीचा मुक्तपणे उपयोग करण्यात आला आहे.

(अ) **पाया** :– पायात विशेष प्रकारे विरूपता न होईल इतके वजन सावरू शकेल अशा कोणच्याही प्रकारच्या पायावर प्रवणिका सांडवा बांधता येईल. परंतु अतिशय क्षरण न होता जास्तीत जास्त पुराचे पाणी त्यातून वाहून नेणे अशक्य असले तर कॉंक्रीटची फरशी करून त्याचे संरक्षण केले पाहिजे.

जमीन व खडक यांच्या सापेक्ष अपक्षरणक्षमतेसंबंधी फार थोडी माहिती उपलब्ध आहे. अर्थात् दृढीकरण न केलेली वाळू अगर कंकर यांचे अगदी सहज अपक्षरण होते. घट्ट माती (Hardpan) अगर चिकणमाती यावर प्रवाही पाण्याचा त्यामानाने काहीसा कमी परिणाम होतो. अक्षुब्ध अधिघट्टच मृत्तिका आणि शेल हे अनेक खळखळ वाहणाऱ्या नाल्यांच्या तळाशी आढळून आले आहेत. आडव्या पदराच्या कठीण खडकात जर बऱ्याच उभ्या शिवणी असल्या तर अतिशय वेगाने वाहणारे पाणी त्यात शिरू शकते आणि त्यामुळे असे कठीण खडक अतिशय सहजपणे झिजून जातात. भेगात शिरणाऱ्या पाण्याच्या वेगामुळे गतिशील दाब निर्माण होतो आणि त्याचा दगडातील आडव्या पदरावर परिणाम होऊन त्यामुळे दगडातून मोठे मोठे तुकडे उचकटून निघतात. उभे पदर असणाऱ्या आणि भरीव दगडावर अर्थातच याचा काही परिणाम होत नाही.

अपक्षरण होऊ नये म्हणून किती प्रमाणात संरक्षण द्यावयाचे हे त्या ठिकाणी संपूर्ण नुकसानी होऊ नये यापेक्षा त्याला होणाऱ्या देखरेखीच्या संभाव्य खर्चावर अवलंबून असते. म्हणून सांडवा कितीवेळ वाहतो ती वारंवारता या कामी परिणाम स्वरूप बाब ठरते. उदाहरणार्थ काही पुरनियंत्रक बंधाऱ्याच्या बाबतीत सांडव्या-

वरून वाहण्याच्या पाण्याच्या अंदाजित सरासरीची वारंवारता शेकडो वर्षांतून एकदाच असते तर विशेषेकरून विद्युत्पादनाकरिता बांधण्यात आलेल्या बंधाऱ्यांचे बाबतीत दरवर्षी लहान लहान पूर व दर कांही वर्षांनी मोठे पूर येण्याची अपेक्षा असते.

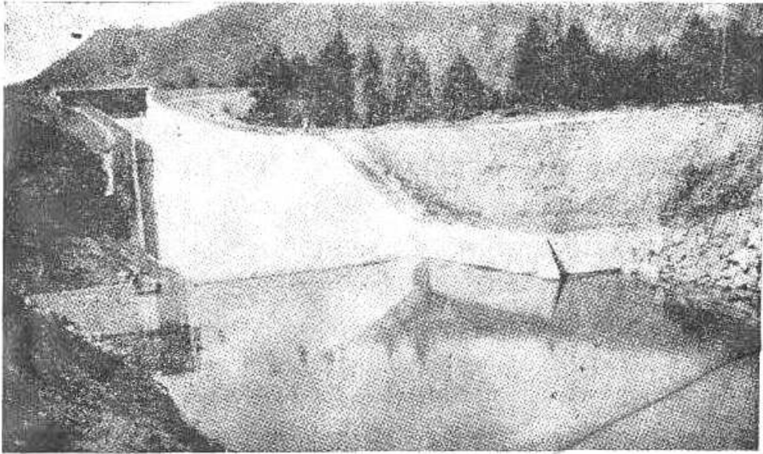
(a) अनुविक्षेप

(b) मध्यरेषेवरील रूपरेखा

(c) A-A

आ–१ टिओनेस्ट प्रवणिका सांडवा (यू. एस्. वॉर डिपार्टमेंट)

काही काही प्रकारची माती व शेल त्यांच्यावरील वजन निःसारण नालीच्या खोदाईमुळे कमी होवून आणि संपृक्त झाल्याने फुगून जातात. अशा ठिकाणी काँक्रीटच्या फरशीसंबंधी बारीकसारिक बाबतीतही विशेष लक्ष दिले पाहिजे. आणि विशेषतः जेथे ही फरशी बाजूच्या उतारावरील फरशीशी अगर आधार भिंतींशी जोडली जाते त्या ठिकाणी (मातींतील अगर शेलमधील) हाल-चालीमुळे तडे पडू नयेत म्हणून काळजी घेतली पाहिजे.



आ. २ कॉंचेस धरणावरील प्रवणिका सांडवा. (ए. एल. ॲलीन, लॉक सिट.)

काही वेळा ही संरक्षक फरशी सांडव्याच्या संपूर्ण लांबीवर केली जाते आणि शिवाय सांडव्याच्या खालच्या बाजूस पाण्याच्या शक्तीचा ऱ्हास होण्याकरता आणि त्या जागी फरशीच्या खाली तलोच्छेदन टाळण्याकरता शमनकुंडाची (Stilling basin) (अ. ३७ प्र. ३) तरतूद करण्यात येते. अशा तऱ्हेचा सांडवा आ–२ मध्ये दाखविला आहे. आ. १ व ३ मध्ये दाखविल्याप्रमाणे अन्य ठिकाणी माथ्याच्या खालच्या बाजूस अगदी थोड्या अंतरापर्यंतच फरशीची तरतूद करण्यांत येते. अशा ठिकाणी फरशीच्या खाली काही नुकसानी झाली तरी त्यामुळे सांडव्याला धोका आहे अगर ती विशेष धोकादायक बाब आहे असे मानण्यात येत नाही.

(आ) **हानी.** ॲलीन यानी अभ्यास केलेल्या ८३ प्रवणिका सांडव्यापैकी १२ना हानी पोहोचली होती. त्यात समस्या निर्माण झाल्या

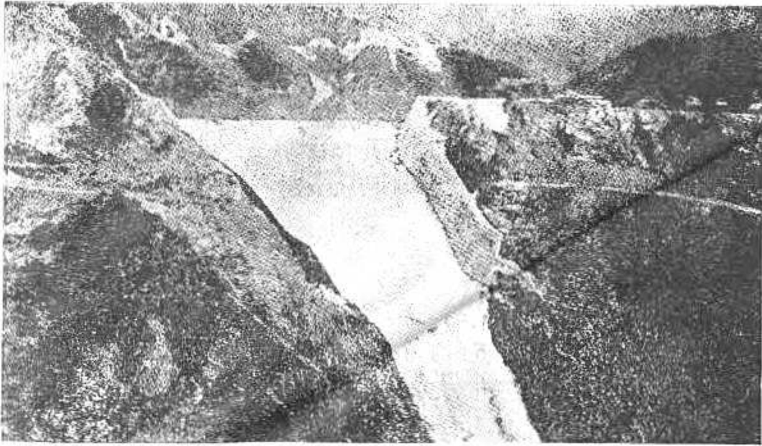
होत्या. त्यापैकी तीन सांडवे भरावावर बांधले होते. ही चांगली पद्धत आहे असे मानले जात नाही. तीन्हीमध्ये फरशीच्या खालच्या बाजूस पायांत विस्तृत प्रमाणांत अपक्षरण झाले होते. वरच्या बाजूस अपुरा काटमार्ग आणि निःसारण नाल्यामुळे निर्माण झालेल्या शीर्षजलाच्या उत्क्षेपामुळे एकात भेगा पडल्या होत्या, फरशीत असलेल्या भेगांत वेगाने शिरणाऱ्या पाण्यामुळे एकाचे नुकसान झाले होते. सांडव्यात वाकणावर बाजूच्या भितीवरून एकांत पाणी वाहून गेले होते आणि उरलेल्या तिन्हीच्या नुकसानीची कारणे निश्चित समजून आली नव्हती, बहुतेक तेथील अंचला (Apren) मध्ये भेगी पडल्या असाव्यात.

(इ) **सामान्य मांडणी–** आ. १ प्रमाणे सांडव्याचा माथा सरळ रेषेत असू शकतो पण काही ठिकाणी बाजूच्या पसरट भितीशी काटकोनांत वाटोळा सांडवा बांधणे किफायतशीर होऊ शकते. जेथे सांडव्याचा माथा सपाट माथ्याच्या बांधाप्रमाणे नसतो पण त्याचा आकार काहीशा उंचीच्या बांधासारखा असतो अशा ठिकाणी जलविषयक दृष्टीने गोलाकार माथा ठेवणे योग्य असते. कारण त्यात उपयुक्त अशी वैशिष्टये आढळून येतात. असा गोल आकार ठेवल्यामुळे माथ्या वरून पडणाऱ्या प्रवाह धारा बाजूच्या भितीशी समांतर रहात नाहीत आणि त्यामुळे खालच्या बाजूच्या विक्षोभास आळा बसतो.

खर्च कमी करण्याच्या दृष्टीवर माथ्याची लांबी किती असावी हे अवलंबून असते. कारण विशिष्ट माथ्याच्या उंचीच्या प्रमाणात जशी त्याची लांबी कमी होते तशी धरणाची उंची वाढते. साधारणपणे सांडव्याची रुंदी त्याच्या माथ्यापाशी जास्तीत जास्त असते आणि नंतर ती कमी होत जाते आणि ही कमीत कमी रूंदी निःसारण द्रोणीच्या अत्यंत काटकसरीच्या आकारा वरून निश्चित करण्यात येते. सगळ्यात खालच्या टोकाजवळ त्याला कधी कधी रूंद अगर पसरट आकार देण्यात येतो व त्यामुळे शमन कुंडात येणाऱ्या पाण्याच्या लांबीच्या दर फुटांतील शक्ति कमी करता येते.

आ. १ मध्ये दाखविल्याप्रमाणे सांडव्याची मध्यरेषा बहुधा सरळ असते. ज्यावेळी काही अपरिहार्य परिस्थितीत तिला वक्रता देणे जरूरीचे होते तेव्हा वाकणाच्या बाहेरच्या पाण्याच्या पृष्ठपातळीचे किती प्रमाणांत बहिर-उत्थापन (Super elevation) असावे यावर विशेष लक्ष दिले पाहिजे हे बार-काईने ठरविण्याकरता द्रवचलित विषयक प्रतिमान चित्रावरून चाचणी करणे अवश्य असते. तीव्र वाकणाच्या बाहेरच्या बाजूस सांडव्याच्या द्रोणीच्या बाजूना

उतार देणे टाळावे कारण त्यामुळे खडचा भितीपेक्षा अशा ठिकाणी पाण्याच्या पृष्ठभागावर जास्त प्रमाणात उत्थापन होते. शक्य तितके माथ्यापासून दूर असणाऱ्या टोकापर्यंत पाणी योग्य तऱ्हेने वाहू शकेल इतके सुसंगत असे सौम्य उतार प्रवणिका सांडव्याला नेहमी दिले जातात, आणि नंतर खालची पातळी गाठण्याकरता खडेपण स्थिर रहातील असे उतार देण्यात येतात. या योजनेमुळे कमीत कमी खोदकाम करावे लागते व माथ्यापासून शक्य तितक्या जास्त वेगाने प्रवाह जातो आणि धरणापर्यंत अपप्रवाही दिशेने क्षरण होण्याकरता ज्या अंतराची जरूरी असते त्यातही वाढ होते. अर्थात काही विशिष्ट उदाहरणात प्रवणिकेचा खडा भाग माथ्याच्या थेट खालच्या बाजूस ठेवला जातो. याचा उद्देश असा की त्यामुळे तळातील खडक अगर ज्या दगडामधील पदरावर क्षरणाचा परिणाम होणार नाही अशा खडकापर्यंत लवकर जाता यावे यामुळे कॉंक्रिटच्या फरशीच्या लांबीत बचत होते आणि हे अवश्य असते कारण या कामावर पुष्कळवेळा खोदकामापेक्षा जास्त खर्च येतो.



आ. ३ सॅन गॅब्रिअल क्र. १ च्या धरणावरील प्रवणिका सांडवा (ए. एल. ॲलिन, लॉक. सिट.)

या दुसऱ्या उदाहरणांत खालच्या बाजूस खडचा उताराच्या पायथ्याशी एक मार्गदर्शी नाली ठेवावी लागते मात्र पुराचा उच्चबिंदू गाठण्यापूर्वी पुरेशा आकाराची पन्हाळ प्रवतिकेच्या न उकरलेल्या भागांत क्षरणामुळे तयार होईल अशी खात्री असली पाहिजे. अर्थातच धरणाच्या खालच्या बाजूला क्षरण क्रियेने निघालेली माती वगैरे साचून त्यामुळे होणाऱ्या संभाव्य नुकसानीकडेही लक्ष ठेवले पाहिजे.

(ई) **कॉंक्रिटच्या फरशीची जाडी:–** ज्या जागी उत्प्लवमार्ग सहज क्षरण होईल अशा मातीवर आधारलेला असतो तेथे फरशीची आवश्यकता असते हे उघड आहे. ज्याठिकाणी खडक आढळतो तेथे फरशीमुळे गुळगुळीत पृष्ठ-भागावरून पडणारे पाणी वेगाने वहाते परंतु या वेगाने पूर्वी खुलासा केल्या-प्रमाणे जास्त वेगानें खडकांच्या भेगांत पाणी शिरू नये आणि त्यामुळे त्यांचे मोठे ढलपे उचकटून जाऊ नयेत हा मुख्य उद्देश असतो. ज्याठिकाणी उत्प्लवमार्गास पाण्याच्या तीव्र गतीस तोंड द्यावे लागते तेथे जलद गतीमुळे पाण्यात दाब निर्माण होत असेल व परिणामी खडकातून खाली पाणी जात असेल आणि जर त्यामुळे तत्सम उत्क्षेप निर्माण होत असेल तर तो रोखण्या-इतकी फरशी वजनदार असण्याची साधारणतः शक्यता असत नाही. जर पाया मातीत असेल तर उत्क्षेपाच्या दाबाला तुल्यबल असा आधार प्राप्त होण्याकरता व उचकटण्यची क्रिया रोखण्याकरिता स्थूणांचा उपयोग करण्यात येतो किंवा "पक्कड योजना" या परिच्छेदांत वर्णन केल्याप्रमाणे जर पाया खडकावर आधारलेला असेल तर त्यांत ("अँकररॉड") नांगरशलाकांचा उपयोग करण्यात येतो.

यावरून असे दिसून येईल की फरशीचे महत्व असमान अवस्थापन आणि भेगाळणे यांना तोंड देणे आणि अशा स्थितीतही ती कोरडी राहणे यात असते आणि तिची जाडी आणि वजन हे त्यामानाने कमी महत्वाचे असते. ती अर्थात झिजून जाणार नाही इतक्या जाडीची असली पाहिजे. तसेच जमिनीतील पाण्याचा दाब रोखून धरील इतकी जड असली पाहिजे. पण जर पुरेशी निसाःरण नाल्यांची तरतूद केली असेल तर तो दाब अगदीच किरकोळ असतो आणि अशा तऱ्हेचा प्रश्न जेथे निर्माण होतो तेथे पुढे खुलासा केल्याप्रमाणे नांगरशलाकांचा उपयोग करण्यात येतो.

प्रवणिका उत्प्लवमार्गाकरिता जागेवरील उल्लेखित अवस्थांशी लागू पडेल अशी कॉंक्रीटच्या फरशीची जाडी निश्चित करण्याची तर्कसंमत अशी पद्धत उपलब्ध नाही. खरे म्हणजे यासंबंधी प्रस्थापित असे पूर्वीचे एखादे उदाहरणही नाही. एकसारख्या अनेक उत्प्लव मार्गाकरिता अवलंबिलेल्या जाडीत फार फरक असतो आणि संकल्पचित्रकार आपल्या कल्पनेप्रमाणे ती जाडी ठेवतात. पुढे निवेदन केल्याप्रमाणे पायाशी फरशी जखडण्याकरतां शलाकांचा वापर करून सुद्धा तिच्या स्वीकृत जाडीत योग्य असा फरक करण्याची जरूरी पडल्याचे दिसत नाही.

४ इंचापासून ५ फूटापर्यंत फरशीची जाडी ठेवण्यांत आली आहे. परंतु कोणत्याही परिस्थितींत थंड अगर समशितोष्ण हवामानांत तिची जाडी ४ इंच ठेवू नये अशी शिफारस आहे. जाडीतील हा फरक काही अंशी पायाच्याअवस्थांतील फरक आणि काही अंशी अभिकल्पकाच्या निरनिराळ्या कल्पनामुळे पडतो.

उतरत्या फरशीची जाडी उताराच्या तळापेक्षा माथ्यावर कमी असते. खडकाशी योग्य तऱ्हेने जखडलेली संपूर्ण सलोह काँक्रीटची फरशी, जेथे पाया असमान धारणशक्ति असलेल्या आणि किरकोळ दृढीकरण केलेल्या मातीचा असेल तेथल्या फरशीपेक्षा, कमी जाडीची असणे तर्कदृष्टया योग्य होईल

(उ) **फरशीचे प्रबलीकरण :–** ज्यावेळी फरशी खंडप्राय विभागलेली असते व उपपरिच्छेद (ऊ) व (ए) मध्ये वर्णन केल्याप्रमाणे ते खंड एकमेकापासून आकुंचन जोडांनी विलग केलेले असतात तेथे प्रबलीकरणाकरिता लागणाऱ्या लोखंडी सळयांच्या संगणनाकरिता गणितीय आधार नाही. या सळ्या फरशीच्या वरच्या थरात अंदाजी सरासरी एक टक्कयाच्या एक चतुर्थांश इतक्या वापरण्याची सर्वसाधारण प्रथा आहे. मध्येच जर एकादी भेग पडली तर फरशी वेगळी होऊ नये इतकी त्याची संख्या असावी आणि आकस्मिक खचलेल्या स्थानिक क्षेत्रावर छतासारखें काम देईल इतकी ताकद त्यात असावी.

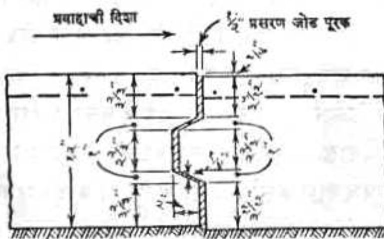
विशिष्ट परिस्थितीत काही संकल्पचित्रकार फरशीत आकुंचन जोड गाळणे व एका टोकापासून दुसऱ्या टोकापर्यंत ती सलोह करणे किंवा हे जोड तुलनेने जास्त दूर अंतरावर ठेवणे पसंत करतात. अशा उदाहरणांत किती सळ्या असाव्यात हे ठरविण्याची कसोटी ही असावी की प्रत्यास्थिती सीमेच्या वेळी असणारी त्या सळयांची एकंदर तणाव क्षमता काँक्रिटच्या कणन प्रतिबलाच्या वेळी त्यात निर्माण होणाऱ्या एकूण तणावक्षमतेपेक्षा जास्त असली पाहिजे. अशा तऱ्हेच्या बांधकामांत अडचण ही असते कीं काँक्रीटची एकूण तणावशक्ती अस्थिर आणि अज्ञात असते. साधारण प्रथा अशी आहे की काँक्रिटचे अंतिम संपीडक सामर्थ्य दर चौरस इंचास २५०० पौंड असताना दर चौ. इं. ५०००० अगर जास्त पौंड अशी उच्च प्रत्यास्थता असलेल्या एका टक्क्याच्या ५ अगर ६ दशांश इतक्या पोलादी सळ्या वापरण्यात येतात. म्हणजेच काँक्रिटची तणावशक्ति त्याच्या संपीडक सामर्थ्याच्या सुमारे एकदशांश असते. अशा तऱ्हेच्या बांधकामात काँक्रिटची किमान व कमाल शक्ति मर्यादित ठेवणे महत्वाचे असते.

(ऊ) **खंडांचे आकार :–**काँक्रिट मध्ये चिरा पडू नयत म्हणून काँक्रिटची फरशी सर्व बाजूस अकुंचन जोड ठेऊन काटकोन चौकोनी तुकडयांच्या आकारांत

ओतावी. निरनिराळ्या ठिकाणी अशा तुकड्यांची लांबी–रूंदी २० फूटापासून ५० फूटापर्यंत सरासरी ३०′ फूट अशी ठेवण्यात आली आहे. कॉंक्रिट काळजी-पूर्वक मुरवावे व विभाग उ मध्ये उल्लेख केल्याप्रमाणे त्याचे प्रबलीकरण करण्यात यावे. अशा फरशांचा आकार ४० फूट ठेवल्यास भरपूर सुरक्षितता मिळू शकते.

(ए) **जोड** :–कॉंक्रीटमध्ये आरपार सळ्या न घालता सर्व बाजूने आकुंचन जोड ठेवणे आणि आकुंचन व प्रसरण क्रियेमुळे होणारी हालचाल विनाप्रतिबंध होईल अशा रीतीने सांध्यावर प्रक्रिया करून फरशी बांधण्याकडे आधुनिक पद्धतीचा कल आहे. कोणत्या प्रकारचा सांधा वापरावा हे जागेवरील परि-स्थितीवर अवलंबून असते. आडव्या जोडाकरता (प्रवाहाच्या दिशेने काटकोन करणाऱ्या) पायाच्या उचकटण्यामुळे अगर दबण्यामुळे कोठल्याही खंडाचा प्रवाहाच्या उलट दिशेचा पृष्ठभाग त्याला लागून असलेल्या प्रवाहाच्या उलट दिशेच्या खंडाच्या पृष्टभागावर प्रक्षेपित (Project) होता कामा नये हे आवश्यक असते. कारण त्यामुळे जोराने वाहणाऱ्या पाण्याचा आघात होण्यासारखा उभ्या दिशेने एक पृष्ठभाग निर्माण होतो आणि त्याचा परिणाम जोडामध्ये दाबशीर्ष उत्पन्न होते व ते फरशीच्या खालच्या बाजूवर पारेषित होऊन त्यामुळे उत्क्षेप निर्माण होतो.

याच्या उलट परिस्थिती असल्यास, (पहा आ. ४) म्हणजे प्रवाहाच्या दिशेच्या बाजूच्या खंडाचा पृष्ठभाग जोडाच्या जागी जर प्रवाहाच्या वरच्या दिशेला असणाऱ्या खंडाच्या पृष्ठभागापेक्षा खाली असेल तर जोडामध्ये शोषण अगर ऋण दाब उत्पन्न होण्याचा संभव असतो आणि जर हा दाब फरशीच्या खालच्या बाजूस पारेषित केला गेला तर त्यामुळे फरशीच्या स्थैर्यात वाढ होते.

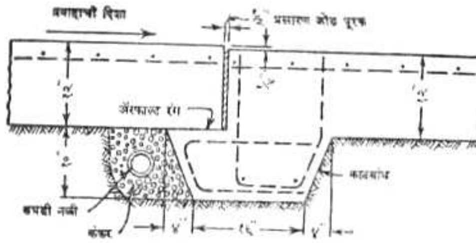


आ. ४ A या प्रकारचा अकुंचन जोड.

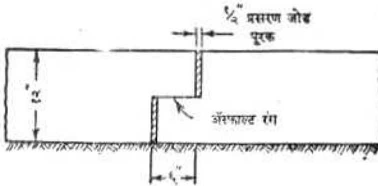
आ. ४ व ५ मध्ये दाखविलेल्या या सोपान प्रभावाचा (Step effect) आडव्या जोडा करता अलीकडे मानक प्रथा म्हणून उपयोग करण्यात येतो. कारण यामुळे बांधकाम करतांना होणाऱ्या चुकांमुळे खचण्याच्या अगर उच-कटण्याच्या क्रियेतील लहानसहान फरकांची काळजी घेता येते.

चांगल्या खडकाच्या पायावर, जेथे उचकटण्याचा अगर खचण्याचा संभव नसतो अशा ठिकाणी आ. ४ मध्ये दाखविलेल्या पद्धतीचे आडवे जोड वापरले जावेत. परंतु जर का पायासंबंधी काही संदेह असेल अगर पुढे वर्णन केल्याप्रमाणे काट-बांधाची जरूरी लागणार असेल तर आ. ५ मध्ये दाखविलेला जोड पसंत केला जावा. या प्रकारांत काटबांध अविकल असेपर्यंत प्रवाहाच्या उलट दिशेच्या खंडाच्या पृष्ठभाग याच्यावर जवळचा तशाच खंडाचा पृष्ठभाग उचकटला जाणार नाही अशी खात्री असते.

आडव्या जोडांचे बाबतीत ते प्रवाहाच्या दिशेशी समांतर असल्याने उच्च वेगामुळे होणाऱ्या असमान अवस्थापनाची बाब तितकिशी महत्वाची नसते आणि आ. ६ मध्ये दाखविलेला जोड वापरला तरी चालतो.



आ. ५. "B" प्रकाराचा आकुंचन जोड



आ. ६. "C" प्रकाराचा आकुंचन जोड

संकल्प चित्रकाराच्या विशिष्ट कल्पने प्रमाणे दुसरेही अनेक प्रकारचे जोड वापरण्यात आले आहेत. गोल सळयांच्या अगर "रचना पोलादी मेखा" उभी भिन्न प्रकारची हालचाल थांबविण्याकरतां जोडामधून वापरण्यात आल्या आहेत. अशा तऱ्हेच्या मेखा वापरताना प्रसरण व आकुंचनाच्या वेळी जोडाची अप्रतिबंध हालचाल व्हावी म्हणून त्या मेखावर अशा खंडापैकी बुडलेल्या एका खंडांत त्यांच्या सबंध लांबीवर विशिष्ट क्रिया केली पाहिजे. जर चावीदार जोड वापरले तर सामान्यत: अशा तऱ्हेच्या मेखा अनावश्यक उपांगे होतील असे वाटते.

चित्रात दाखविल्याप्रमाणे प्रसरण व आकुंचन पावू शकतील अशा "जोड पूरक" द्रव्याची तरतूद केली पाहिजे. याचे अनेक प्रकार बाजारांत मिळतात. पिळून बाहेर न

जाता आकुंचनाला तोंड देऊ शकतील इतके ते लवचिक असले पाहिजेत आणि नंतर होणाऱ्या प्रसरणालाही त्यांनी प्रतिसाद दिला पाहिजे. पाण्याच्या द्रुतगतीमुळे ते जोडातून निखळून बाहेर येणार नाहीत इतके बळकट असले पाहिजेत.

धरणांतील जोडांत कधीकधी वापरतात त्या प्रकारच्या धातूच्या अगर रबराच्या मोहोरपट्टचा हे जोड पाणबंद व्हावेत म्हणून वापरण्यांत आल्या आहेत (अ. १ प्रकरण २३). अर्थात जर जोड अन्यप्रकारें चांगल्या तऱ्हेने केलेला असेल तर हा तपशील तितकासा खात्री लायक वाटत नाही.

(ऐ) **काटबांध :–**(चूट) प्रवणिका उत्प्लवमार्गाकरता तीन प्रकारचे काटबांध लागतात.

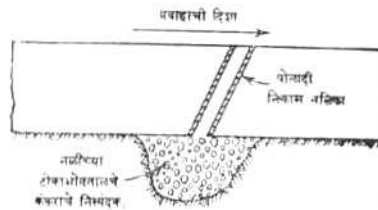
(१) भूमिगत निःसारण नाल्यावर प्रमाणाबाहेर दबाव पडेल इतका जल-शीर्षदाब फरशीच्या तळांत निर्माण होऊ नये म्हणून वरच्या टोकाशी एक काटबांध ठेवण्यात येतो. तिसऱ्या प्रकरणांत वर्णन केल्याप्रमाणे कुठल्याही भाराश्रित बंधाऱ्यात वापरण्यांत येणाऱ्या प्रकाराहून हा प्रकार भिन्न नाही.

(२) जर शमन कुंडाची तरतुद केलेली नसेल तर फरशीच्या खालच्या टोकाशी एक काटबांध बांधण्यांत येतो. त्यात फरशी खालच्या बाजूने निखळू नये (Under Cutting) म्हणून चारीत कॉंक्रीट भरून हा बांध बांधण्याची योजना करण्यात येते. अशा तऱ्हेचा काटबांध आ. १ . b मध्ये दाखविलेला आहे. पायांतील परिस्थितीस अनुसरून अशा काटबांधाच्या खोलीत व जाडीत फरक केला जातो. याकरता रूढ असे दाखले उपलब्ध नाहीत. ही खोली काही थोड्या फुटापासून ते ७० फूटाइतकी जास्त ठेवण्यात आलेली आहे. मात्र अतिशय खोल काटबांध शक्यतो टाळावेत व याकरता फरशीची लांबी वाढवावी अगर शमनकुंडाची तरतूद करावी.

(३) जर हे फरशीचे खंड उतरते बांधले तर उष्णतेमधील फरकामुळे होणाऱ्या आकुंचन व प्रसरणामुळे त्यांची (खाली खाली) सरकण्याकडे प्रवृत्ति होते. म्हणून अशा परिस्थितीत हालचाल रोखण्याकरता व एका खंडापासून दुसऱ्या खंडाकडे फरशीच्या तळाच्या बाजूने प्रवाह वाहू नये म्हणून प्रत्येक खंडाच्या वरच्या टोकाशी एका काटबांधाची जरूरी असते. अर्थात पुढे उल्लेख केल्या-प्रमाणे ज्या ठिकाणी कंकराच्या सलग थरावर फरशी आधारित केलेली असते तेथे असा काटबांध ठेवणे अत्यावश्य असते. अशा प्रकारचा प्रातिनिधिक काटबांध

आ. ५ मध्ये दाखविला आहे. खालच्या खंडाबरोबर हा एकसंघ बांधला जातो आणि भरपूर सळ्या वापरून तो भक्कम केला जातो.

(ओ) **निःसारण (योजना)**:– भूजलामुळे अगर उत्स्त्रवमार्ग वाहत असतांना निर्माण होणारा उत्क्षेप थांबविण्याकरिता फरशीच्या खाली निःसारण नाल्यांच्या तरतुदीची आवश्यकता असते. जर फरशी खडकावर आधारलेली असेल तर तिच्या खाली चाऱ्या खणून त्यात कंकर भरून आणि कधीकधी या कंकरामध्ये उघडी नाली ठेवून सर्वसाधारण निःसारणाची योजना केलेली असते. अशा तऱ्हेच्या आडव्या निःसारण नाल्या सामान्यतः काटबांधाच्या अपरप्रवाही (प्रवाहाच्या विरुद्ध) बाजूने ठेवण्यांत येतात व त्या आ. ५ मध्ये दाखविल्या आहेत. अशा तऱ्हेच्या अनुदैर्घ्य नाल्यां-(Longituoinal drains) चीही तरतूद करून फरशीच्या खाली नाल्यांचे एक जाळेच बनविले जाते. ज्या ठिकाणी खडकांतील भेगामुळे भविष्य-काली झिरपण्याची शक्यता दृग्गोचर होते, अशा भेगांच्या ठिकाणी कधीकधी निःसारण नाल्या ठेवणें श्रेयस्कर असते.



आ. ७ मध्ये दाखविल्याप्रमाणे अंतराअंतराने या निःसारण नाल्या फरशीमधून अलग केलेल्या असतात (Relieve) किंवा त्या एक अगर अनेक प्रमुख नाल्यांना जोडण्यात येतात आणि त्यातील एकूण प्रवाह प्रवणिकेच्या (Chute) खालच्या टोकाशी असलेल्या बहिर्द्वाराकडे नेण्यांत येतो.

ही दुसरी पद्धत कांहींना पसंत पडते कारण फरशी खालून जाणाऱ्या लहान नालीत जनावरे, गाळ जाऊन अगर इतर अडथळ्यानी ती नाली बुजली जाण्याची शक्यता असते. जर या पहिल्या पद्धतीत व्यक्तिगत बहिर्द्वाराचा अंतर्भाव करावयाचा असेल तर फरशीच्या प्रत्येक खंडातील निःसारण नाल्या खालच्या पातळीवर असलेल्या खंडाच्या निःसारणा नाल्यापासून संपूर्णतया अलग करणे इष्ट असते म्हणजे वरच्या पातळीवरील निःसारण नाल्यातून येणाऱ्या पाण्यामुळे खालच्या पातळीवर दाब निर्माण

होणार नाही. सर्व बहिर्द्वारांच्या नळ्यांना, ज्यांचे प्रकार आ. ७ मध्ये दाखविले आहेत, खालच्या दिशेने उतार देण्यात यावा म्हणजे प्रवणिकेमधून वेगाने वाहणाऱ्या पाण्यामुळे त्यांत शोषण निर्माण होण्याची शक्यता उत्पन्न होईल.

प्रमुख नाल्यांचा (अंतर्भाव असलेल्या) निःसारण योजनेत उत्क्षेप होण्याची शक्यता राहू नये म्हणून सर्व ठिकाणी वाहणाऱ्या संभवनीय अशा जास्तीत जास्त प्रस्त्राववेळीही फक्त अंशतःच भरून वाहतील अशा आकाराच्या नळ्यांची योजना करण्यांत यावी.

जर पायात कमी ताकतीचा खडक असेल अगर सच्छिद्र माती असेल तर संपूर्ण फरशीखाली कधीकधी ६ ते १२ इंच जाडीचा कंकराचा थर पसरलेला असतो आणि ठिकठिकाणी कवलारू नलिका अगर (साध्या) नळ्या घालून तो थर योग्य प्रकारे अलग केला जातो. नळीमधून हा कंकर वाहून अगर शोषून जाऊ नये म्हणून नळ्यांच्या तोंडाशी कंकरांचे अनुपातित (graded) निस्यंदक अगर जाळी बसविण्याची काळजी घेण्यांत यावी. ज्यावेळी अंचल (apron) वापरण्यांत येते तेव्हा कंकरात चुना पशिरू नये म्हणून त्यावर डांबरी कागद घालावा.

ज्यावेळी खडकांत आडवे थर असतात आणि अंचलाच्या खालील थरावर भूजलामुळे उत्क्षेप निर्माण होण्याची शक्यता असते आणि जेव्हा निःसारण नाल्याशी संबंध सुटतो तेव्हा अंतर्गत दाब नाहीस होण्याकरता निःसारण खंदकाच्या तळाशी निःसारण छिद्रे पाडण्यांत येतात.

(औ) **पक्कड योजना** Anchorage–खडकामध्ये भोके पाडून त्यात पोलादी सळ्या घालून गाराभराई करून व त्यांचे काँक्रीटशी बंधन करून काँन्क्रीटच्या फरशीला पकड देण्यांत येते. अंतिम ताणाला तोंड देता येण्याकरता ह्या सळ्या किती खोल गाढण्यांत याव्या हे ठरविण्याकरिता चाचण्या घेण्यांत याव्यात. साधारणपणे खडकाच्या पायावर बांधलेल्या प्रवणिका उत्प्लमार्गांपैकी ५० टक्के मार्गावर पक्कड दिलेली असते अशा तऱ्हेची पक्कड ज्या ठिकाणी दिलेली असते तेथे १ चौ. इं. क्षेत्राच्या पक्कडीचा प्रभाव फरशीच्या सुमारे २० चौ. फू. पासून जवळ जवळ २०० चौरस फुटापर्यंतच्या क्षेत्रावर म्हणजेच सरासरी ८० चौ.फुटा वर पडतो. निःसारण नाल्यांनी नियंत्रित केलेल्या भूमिगत पाण्याची राशी फरशीवर

भूमिजल उत्क्षेप निर्माण होईल इतकी असते तेव्हा अशा तऱ्हेच्या पक्कडीची तरतूद करणे इष्ट असते.

(क) **खोदाईतील उतार:–** प्रवणिका उत्प्लव मार्गाकरता ठेविलेले आणि त्याच्या बांधकामावरील उतार निःसंशय अगदी सौम्य स्वरूपाचे असले पाहिजेत. असे कोणतेही बांधकाम नसते की जे या बाबीवर अधिकतर अवलंबून असते कारण ज्याने पुराच्या वेळी फरशीला काहीही नुकसान पोहोचेल अशा कोणत्याही घसरणामुळे धोकादायक परिस्थिती निर्माण होते.

(ख) **प्रवणिका उत्प्लवांचे द्रवगतिशास्त्र:–** ११ व्या प्रकरणांत ३ऱ्या अनुच्छेदात मानक माथ्याच्या उत्प्लव मार्गावरील प्रस्त्रावाच्या उपपत्तीचा समावेश करण्यात आला आहे. जेथे सपाट माथ्याच्या उत्प्लवमार्गाचा उपयोग करण्यात येतो तेथे प्रस्त्राव राशी—

$Q = ३.८७LH^{\frac{३}{२}}$ या सूत्राने गणिली जाते.

जेथे

$Q =$ सें. फुटात प्रस्त्राव.

$L =$ टोकाच्या आकुंचनामुळे होणाऱ्या घटीकरिता काही फरक करणे जरूर असल्यास तो करून आलेल्या उत्प्लव मार्गाची लांबी–फुटामध्ये.

$H =$ (उत्प्लवाच्या) माथ्यावरील जलशीर्ष–फुटामध्ये. हे जलाशयातील पाण्याच्या पातळीपर्यंत मोजण्यांत येते आणि यातून जलाशय आणि माथा यांच्यामधील घर्षणामुळे होणारी हानी कमी केलेली असते.

मानक उत्प्लवमार्गाच्या अनुप्रवाही दिशेकडील (Down Stream) चवड्याजवळ असलेल्या पाण्याच्या खोलीसंबंधी माहिती प्रकरण ३, अ. २८ मध्ये दिलेली आहे. सपाट माथ्याच्या उत्प्लवमार्गाच्या खालच्या बाजूची खोली ही $\frac{2}{3}$H इतकी असते. मानक उत्प्लवमार्गावरील वाहणाऱ्या प्रवाहाची खोली क्रांतिक खोली पेक्षा बरीच कमी असते; परंतु सपाट माथ्याच्या उत्प्लवमार्गावरील खोली अगदी क्रांतिक खोलीइतकीच असते. या दोन्हीहि उत्प्लवमार्गात सर्पिल प्रवाह निर्माण होऊ नये म्हणून क्रांतिक खोलीच्या जरा कमी इतक्या खोलीवरून प्रस्त्राव वाहून जाईल इतका प्रवणिकेच्या माथ्याच्या खोलीला ढाळ देण्यात यावा. क्रांतिक खोलीपेक्षा कमी खोल वाहणाऱ्या फ्ल्यूम्स (Flumes) करिता कराव्या लागणाऱ्या परिगणनेहून पुढील द्रवगति शास्त्रीय परिगणना भिन्न नसतात. परंतु जेथे प्रवाहाची गति फार नसते तेथे प्रवणिकेमधील उभे वक्र

प्रवाहाच्या उत्क्षेपवक्रात सामावून जातील याची मात्र खात्री करून घेतली पाहिजे म्हणजे वाहणाऱ्या प्रवाहपटलाची खालची बाजू फरशीपासून विलग होणार नाही आणि निर्वात स्थिती निर्माण होणार नाही.

(ग) द्रवगतिशास्त्रीय प्रतिमानचित्रांची चांचणी— कार्यक्षम स्थापत्यविशारदाकडून द्रवगतिशास्त्रीय अभ्यासात योग्य काळजी जेथे घेतलेली असते आणि विशेषत: जेथे जलगतिशास्त्रीय गुणांक वापरण्याकरिता पूर्वीचा दाखला उपलब्ध असून त्याप्रमाणे माथ्याचा आकार आणि इतर अंगे ठेवलेली असतील तेथे द्रवगतिशास्त्रीय प्रतिमान चित्रांच्याद्वारे चांचणी करण्याची जरूरी नसते. परन्तु जेथे असाधारण परिस्थिति असते आणि जेथे जेथे प्रवणिकेमध्ये बाक दिलेला असतो तेथे प्रतिमानचित्रांचे योगे चांचणी करण्यात यावी.

२. पार्श्वपात्री सांडवे—

(अ) या प्रकारच्या सांडव्यांचे वर्णन— आ. ८ मध्ये दाखविलेल्या सामान्य प्रकाराच्या बांधकामांना पार्श्वपात्री सांडवा ही संज्ञा वापरण्यात येते. त्याचे विभेदक वैशिष्टय हे असते की पाण्याचा प्रवाह (सांडव्याच्या) माथ्यावरून अगर ओजीवरून वाहिल्यानंतर माथ्याशी समांतर असा नालीतून वाहत जातो. अरुंद दऱ्यांतील मातीच्या अगर अश्मस्थापित धरणामध्ये हा प्रकार सोयीचा असतो. तसेच प्रत्यक्ष उत्प्रवाह जेथे इष्ट नसतो आणि जेथे प्रवणिका सांडव्याच्या माथ्यापाशी लागणाऱ्या लांबीकरिता पुरेशी जागा उपलब्ध नसते तेथे हा प्रकार उपयुक्त ठरतो. वॉशिंग्टन[१] संस्थानातील मातीच्या बांधलेल्या टायटन सांडव्यावरून आ. ८ काढलेली आहे.

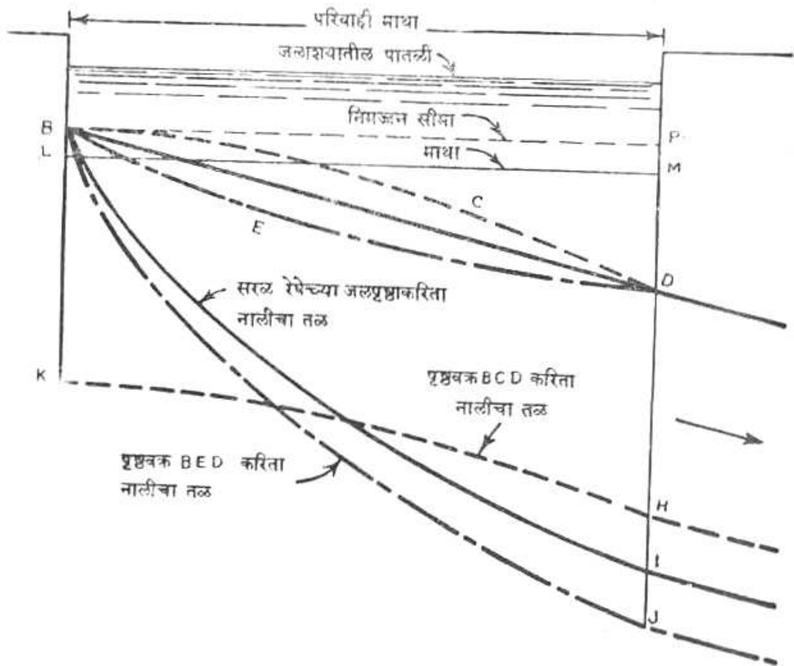
(आ) जलगतिशास्त्रीय उपपत्ति— ज्याक्षणी माथ्यावरून वाहणाऱ्या पाण्याचा काही भाग नाल्यात आधीच असलेल्या पाण्याच्या मुख्य प्रवाहात मिळतो त्याक्षणी (त्या प्रवाहाला) बऱ्याच प्रमाणात खालच्या दिशेकडेच आडव्या दिशेने गति प्राप्त झालेली असते. या गतीची नालीच्या बाजूने पाणी वाहून नेण्यास मुळीच मदत होत नाही.

नाल्यातील प्रवाहात ज्यावेळी आत येणारे पाण्याचे बिंदू मिसळतात त्यावेळी तेथे अक्षीय गति निर्माण होते. पृष्ठभागावरील दाबातून त्वरकशक्ति प्राप्त होते. साइड चॅनेल सांडव्याच्या मध्यरेषेतून घेतलेला छेद आ. ९ मध्ये रेखाकृतीने

तळटीप– १ जूलियन हाइंड्स "साईड चॅनेल स्पिलवेज", ट्रॅन्स. अमे. सो. सि. इं. खंड ८९, १९२६, पा. ८८१. (याच लेखातून ९ ते १४ या आकृत्या घेतल्या आहेत.)

आ. ८

दाखविला आहे. नालीच्या वरच्या टोकाशी असलेल्या B या बिंदूपासून माथ्याच्या अनुप्रवाही (Down Stream) टोकाच्या समोरच्या D या बिंदूपर्यंत काही एका वाकणात पटल खाली पडत असते. B व D या बिंदूमधल्या (अंतरातील) प्रतिरोध नाहीसे करण्याकरिता लागणारी शक्ति निर्माण करण्यास नालीतून वाहणाऱ्या पाण्याचा कणन्‌कण कारणीभूत होतो आणि ही शक्ति पाणी ज्या खोलीवरून पडते तिच्यावरून परिणामस्वरूप प्रतिबिंबित होते. किंवा D या बिंदूत पाण्याचा कण जेथे शिरकाव करतो त्या बिंदूपर्यंतच्या पातावरून प्रतिबिंबित होते. म्हणजेच B पाशी शिरणाऱ्या पाण्याचे परिणामी पतन P D इतके होते. या उलट D पाशी शिरणाऱ्या कणाला परिणामी पतन मुळीच नसते. D या बिंदूपर्यंत कामात आणलेली एकूण शक्ति एकूण बिन्दूच्या पतनाच्या सरासरी पतनावरून पडणाऱ्या सर्वच्यासर्व प्रवाहातून निर्माण होणाऱ्या शक्ति इतकी असते. जर B पासून D पर्यंतचे पृष्ठतल वक्र सरळ रेषेत असले आणि जर माथ्यावरील दरफुटी अंतर्वाह एक सारखा असला तर सरासरी पतन एकूण P D या पतनाच्या एकद्वितियांश असते. जर या वक्राचा बहिर्गोल BCD सारखा उर्ध्वदिशेने असेल तर सरासरी पतन (Fall) अर्ध्या PD पेक्षा जास्त असते आणि जर हा वक्र अंतर्गोल असेल तर हे प्रमाण अर्ध्या PD पेक्षा कमी असते.



आ. ९ पृष्ठतल वक्राच्या आकाराचा परिणाम

(इ) जलगतिशास्त्रविषयक सूत्रे –

१) सामान्य विचार – D या बिंदूपाशी गतिशीर्ष निर्माण होण्याकरिता सरासरी पतनाचा फक्त काही भागच उपलब्ध असतो. उरलेला भाग प्रतिरोध दूर करण्यातच खर्च होतो. अंतर्वाही नालीत व आधीच असलेल्या पाण्याच्या अक्षीय सापेक्ष गतीचे समानीकरण करण्यामुळे निर्माण होणारा प्रतिरोध साईड चॅनेल सांडव्याच्या प्रारंभापासून अखेरपर्यंतच्या माथ्याच्या प्रत्येक बिंदूत असतो. या प्रतिरोधास "जडता प्रतिरोध" असे संबोधण्यात येते. अशा ठिकाणी प्रवाह निश्चित करण्याकरिता प्रत्येक छोट्या आटोक्याच्या शेवटचा संवेग त्या आटोक्याच्या सुरवातीचा संवेग आणि एखाद्या बाहेरील शक्तींच्यामुळे होणारी त्यातील वाढ यांच्या बेरजेइतका असावा लागतो. "बाहेरील शक्ती" मध्ये अंतर्गत शक्ति, गुरूत्वाकर्षण आणि घर्षण यांचा समावेश होतो. घर्षणामुळे होणारे प्रतिरोध तुलनेने अल्प असतात आणि त्यांचेकडे लक्ष दिले नाही तरी चालते अगर इतर अस्थिर प्रवाहमोजण्याच्या पद्धतींनी त्यांचे अंदाज घेता येतात.

घर्षणरहित नालीकरिता असे दाखविता येईल की पाण्याच्या पृष्ठभागाच्या वक्राची आ. ९ मधील B P या रेषेपासून खालील दिशेने मोजलेला सैद्धतिक कोटी (oriddate) " Y " खालील सूत्राने मिळतो.

$$y = \frac{1}{g} \int_{0}^{x} \left(V \frac{dV}{dx} + \frac{q}{Q} V^2 \right) dx \qquad (१)$$

यात V = पाण्याच्या बिंदूची नालीच्या दिशेने सरासरी गति

q = एकांकी अंतरातील अंतर्वाह

Q = Y शी संवादी असा एका बिंदूजवळचा एकूण प्रवाह–

संवेगासंबंधीच्या प्रश्नाचे बाबतीत विचाराधीन दिशेच्या बाजूच्या सर्व कणांच्या वेगांच्या अंकगणितीय अगर बीजगणितीय सरासरीला "सरासरी वेग" असे म्हणतात. नाल्याच्या संपूर्ण काटछेदात एकसारखा वेग असल्याशिवाय (अशी परिस्थिती कधीच उपलब्ध नसते). सरासरी वेग आणि मध्यमान (Mean) वेग एकच असत नाहीत. सरासरी वेग हा प्रस्त्रावाला क्षेत्रफळाने भागून काढाला जातो. साइड चॅनेल पद्धतीच्या सांडव्याच्या बाबतीत वेगाचे वाटप अकल्पितपणे अनियमित असते. परंतु संगणनास सोपे जावे म्हणून मध्यमान वेग सामान्यपणे वापरण्यात येतो. परिणामी अचूकता ही पूरप्रवाह प्रश्नांच्या अचुकतेच्या बाबतीत साधारण प्रमाणाइतकी सुसंगत आहे असे समजण्यात यावे. जर Q आणि V चे x शी संबंध एखाद्या दिलेल्या बाबीकरिता माहीत असले तर समीकरण क्रमांक १ चे समाकलन करता येते व पृष्ठभागावरील वक्राचा आकार निश्चित करता येतो. हे संबंध नाल्याच्या आकार व मापावर अवलंबून असतात आणि जर त्या नालीची सोपे जावे म्हणून मुद्दाम रचना केली नसेल तर ते बीजगणितीय पद्धतीने गुंतागुंतीचे होतात.

(२) सोपा असा नवीन अभिकल्प

अनिर्बंधपणे नवीन अभिकल्प तयार करतांना Q, V, आणि x यांचे स्वेच्छेनुसार सुलभसंबंध प्रस्थापित करून संगणन करणे सोयीचे होते आणि त्याला अनुरूप अशा तऱ्हेने संरचना प्रमाणित करण्यात येते. अभिकल्पाकरिता सांडव्याच्या माथ्याच्या दर फुटाला अंतःप्रवाह सामान्यपणे एकसारखा असेल तर (सांडव्याच्या) माथ्याच्या वरच्या टोकापासून x या अंतरावरील छेदाजवळचा एकंदर प्रस्राव खालील स्वरूपाचे समीकरण वापरून काढता येईल.

तळटीप–२ जूलियन हाइंड्स, "साईड चॅनेल स्पिल्वेज", ट्रॅन्स. अमे. सो. सि. इं. खंड ८९, १९२६, पा. ८८१ (याच लेखातून ९ ते १४ या आकृत्या घेतल्या आहेत.)

$$Q = qx \qquad (२)$$

Q = (विशिष्ठ) बिंदूजवळील एकूण प्रवाह

q = माथ्याच्या दर फटातून वाहणारा अंतःप्रवाह.

गति आणि अंतर यांचे संबंध दाखविण्याकरिता घातीय प्रकाराचे समीकरण वापरणे सोयीचे असल्याचे आढळून येईल आणि स्थिरांकाची योग्य प्रकारे निवड करून साधारणे आवश्यकतेनुसार उपयोगी पडतील अशा पुरेशा व्यापक परिस्थितीला लागू पडेल असे समीकरण तयार करता येईल. खाली अशा प्रकारचे समीकरण सुचविले आहे.

$$V = ax^n \qquad (३)$$

a, n हे स्वच्छंदपणे ठरविलेले स्थिरांक असतात. V आणि x हे अनुक्रमे सरासरी वेग व (सांडव्याच्या) माथ्याच्या वरच्या टोकापासूनचे अंतर दर्शवितात

समीरकण १ मध्ये V आणि Q करता या मूल्यांचा उपयोग करून समाकलन करून आणि लघुकरण करून खालील समीकरण प्राप्त होते.

$$y = \frac{a^2(n+1)}{2gn}\, x^{2n} \qquad (४)$$

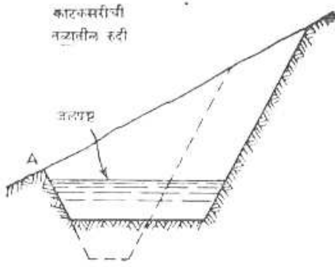
$a^2x^{2n} = V^2 = 2gh_v$ हे लक्षात घेऊन समीकरण क्रमांक ४ खालीलप्रमाणे सोप्या रीतीने मांडता येईल.

$$y = \frac{n+1}{n} h_v \qquad (५)$$

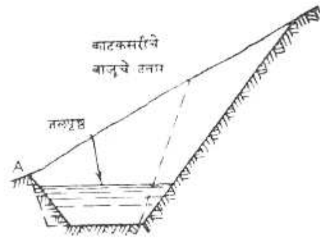
h_v हे सैद्धांतिक वेगशीर्ष असते.

(ई) नवीन अभिकल्पांतील काटकसरीचे घटक

जर सांडव्याच्या नालीच्या काटछेदाचा आकार a आणि n यांची मूल्ये निवडण्यांत आली तर समीकरण २ ते ५ यांचा वापर करून सांडव्याची नाली संपूर्णपणे निश्चित करता येते. या घटकांची योग्य निवड ही काटकसरीच्या विचारावर नियंत्रित असते. साधारण खड्या अशा टेकडीच्या बाजूबरील सम-लंबाकार नाली पुरतीच ही चर्चा मर्यादित करण्यांत येईल कारण हा सामान्य प्रकार असतो. अन्य प्रकारच्या परिस्थितीशी जुळवण्याकरता या निष्कर्षांत परिवर्तन करता येईल. आ–१० व ११ मध्ये नालीच्या आकाराचा खोदकामाच्या राशीवर होणाऱ्या परिणामाचे चित्रण केले आहे. नाली मूळच्या थरावर योग्य प्रकारे आधारित करणे सुरक्षिततेच्या दृष्टीने आवश्यक असते.



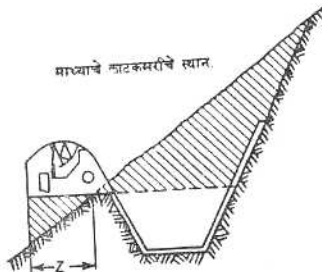
आ. १०



आ. ११

जलपृष्ठाची पातळी, नालीच्या बाजूचे ढाळ, जलसमपार्श्वाचे (water prism) क्षेत्रफळ आणि (शैल) दृश्यांशांच्या बिंदूचे स्थान निश्चित केले तर आ. १० व ११ वरून हे उघड होते की, जर तळ अरूंद असला व बाजूचा ढाळ खडा असला तर तळाचे खोदकाम कमी होते. व्यवहार्य अशी कमीतकमी रुंदी खोद-कामाच्या यंत्र सामुग्रीवर अवलंबून असते. बाजूचे उतार जास्तीत जास्त खडे पण तेथील द्रव्य सुरक्षितपणे (उतारावर) राहील अशा तऱ्हेने नीटनेटके करण्यांत यावेत.

सांडव्याच्या नालीला कॉन्क्रीटचे अस्तर देणे सामान्यतः जरूरीचे असते. अशा अस्तराला लागणारा खर्च हा एक महत्वाचा भाग असतो आणि जेव्हां (नालिच्या) तळाची रुंदी तिची भिजलेली परिमिति कमीतकमी असेल अशी असते तेव्हां तो खर्च किमान असतो.



आ. १२

आ. १० व ११ मध्ये माथ्याच्या अनुप्रवाही दिशेकडील नालिचा भाग दर्शविला आहे. परंतु माथ्याच्या अपरप्रवाही बाजूच्या बांधकामाला सुद्धा तेच तत्व लागू पडते.

पिपाच्या आकाराच्या फिरत्या माथ्याकरता एका जादा घटकाचा अंत-र्भाव करावा लागतो. कारण हा माथा सावरून धरण्याकरता तो कॉन्क्रीटच्या पायावर आधारावा लागतो. याकरता लागणारे कॉन्क्रीट कमी करण्याकरता ही

नाली कांही अंतरापर्यंत टेकडीच्या आंत खोदणे फायदेशीर असते असे दिसून येईल. आ.–१२ मध्ये Z हे अंतर चाचणी करून अशा तऱ्हेने निवडलेले आहे की कॉंक्रीटचा रेखाच्छादित भाग व खोदकामाचा रेखाच्छादित भाग या दोन्हींचा मिळून खर्च कमीतकमी येईल.

(उ) a व n **यांची परिक्षणात्मक मूल्ये**

(१) **सर्वसाधारण संबंध** :–

नालीचा काटछेद निवडल्यावर a आणि n च्या मूल्यांनी तिची रूपरेषा निश्चित केली जाते B पासून D पर्यंत पाण्याच्या पृष्ठभागाचे एक विशिष्ठ पतन गृहीत धरून n मध्ये फरक केल्यास होणारा परिणाम आ. ९ मध्ये आरेखित केला आहे. जर $n=0.5$ असेल तर पृष्ठवक्र सरळ असते आणि नालीचा तळ BI च्या रेषेसारखा एकादा मार्ग अनुसरतो. जर n 0.5 पेक्षा जास्त असेल तर पाण्याचा पृष्ठभाग वक्र BCD प्रमाणे उर्ध्वदिशेने बहिर्गोल असतो. जर $n=1$ इतका अगदी बरोबर असेल तर BCD परवलय (Parabola) असतो आणि त्याचा तळ KH प्रमाणे समांतर वक्र असतो. जर n 0.5 व यांच्या दरम्यान असेल तर तळरेषा B पासून सुरू होईल. जर n एकापेक्षा जास्त असेल तर तळरेषा सैद्धांतिकरित्या नालीच्या वरच्या टोकाशी अनंत खोलीपर्यंत पतित होईल आणि नंतर KH या रेषेपर्यंत साधारणपणे जलद वर जाईल आणि ती H पर्यंत पोहोचावयाच्या आधी KH या रेषेला छेदील. आ. ८ मधील सांडव्याकरता a आणि n यांच्यात फेरफार करण्याचा रूपरेखेवरील परिणाम आ. १३ त दाखविला आहे.

जास्तीत जास्त काटकसर करण्याच्या दृष्टीने a आणि n ची अंतिम निवड (तेथील) प्रदेशरूपरेखेवर अवलंबून असते आणि अशी निवड निरनिराळ्या अंदाजांचे परिक्षण करूनच करता येते. n चे मूल्य a पेक्षा कमी बदलणारें असते म्हणून n चे परिक्षणात्मक मूल्य प्रथम सामान्यपणे गृहीत धरण्यात येते. नंतर a चे त्याला जुळणारे जास्तीत जास्त योग्य मूल्य काढण्यात येते आणि अशा तऱ्हेने ही क्रिया या दोघांचा सर्वात उत्तम संयोग प्राप्त होईपर्यंत पुनः पुनः करण्यात येते. या वारंवार करण्यात येणाऱ्या चाचण्यांची संख्या प्रारंभिक गणितीय अभ्यासाने कमी करता येते.

आ. १३

(२) **गणितीय अदमास—**

सांडव्याच्या माथ्यावर एखाद्या विशिष्ट अशा एकाच बिंदूपाशी, जेव्हा

$$h_v = \frac{nA,\ A}{n+1\ 2T} \qquad \text{असते} \qquad (६)$$

तेव्हा $d + y$ हे कमीत कमी असतात हे दाखविता येते. जेथे A हे क्षेत्रफळ असते आणि T ही त्या बिंदूपाशी पाण्याच्या समपार्श्वाची (Prism) वरची रुंदी असते; किंवा सूत्र ५ मध्ये बदल करून

$$y = \frac{A}{2T} \qquad (७)$$

असे सूत्र मांडता येते. a अगर n च्या मूल्याची निवड केल्यावर एखाद्या विशिष्ट बिंदूपाशी जास्तीत जास्त काटकसर करता येण्याकरिता दुसऱ्याचे तत्सम मूल्य या सूत्रातून काढता येते. समलंबी नाल्याच्या बाबतीत (आणि हा आकार सर्वसामान्य आहे) सर्वसाधारण समीकरणातील बीजगणितीय संमिश्रतेमुळे चाचणी पद्धती सर्वात उत्तम ठरते. प्रथम नालीची खोली

गृहीत धरावी. A आणि T संगणित करावे आणि समीकरण (६) वरून n च्या विशिष्ठ मूल्याकरिता) hv काढावा.

नंतर $$Q' = A\sqrt{2hg.}$$ (८)

या समीकरणावरून तत्सम प्रस्त्राव संगणित करावा. जर पाहिजे असलेल्या प्रस्त्रावा इतका Q असला तर परिक्षणीय खोली बरोबर आहे असे समजावे नाहीतर नवीन चांचणी करावी. अशा तऱ्हेने V, x आणि n नक्की केल्यावर समीकरण ३ वरून a चे तत्सम मूल्य संगणि करण्यात येते. अशा तऱ्हेची a आणि n ची मूल्ये एकाद्या विशिष्ट अशा एकाच बिंदूपाशी केलेल्या संगणनावर आधारलेली असतात. एकूण सांडव्याच्याकरिता म्हणून ही सर्वांत उत्तम मूल्ये असतातच असे नाही. परंतु जर ज्या बिंदु करिता ती संगणित केली आहेत तो योग्य प्रकारे निवडला असला तर विभाग (ऊ) मध्ये करण्यात येणाऱ्या चर्चेतील तुलनात्मक अंदाजाकरिता जी परिक्षणात्मक मूल्ये निवडावी लागतात त्याकरिता त्यांची मदत होईल.

सुरक्षिततेकरिता धरणाच्या टोकाच्या समोरच्या काठाच्या बऱ्याच आत ही नाली सामान्यपणे खोदली पाहिजे, म्हणून आ. १३ मध्ये D या बिंदूजवळच्या माथ्याच्या खालच्या टोकापाशी बरेच खोलपर्यंत खोदकाम करावे लागते. परिणामतः प्राथमिक समीकरणे ६, ७ व ८ यांचा उपयोग करण्याकरिता हा एक संभाव्य बिंदू निर्माण होतो. परंतु इतर नियंत्रण बिंदूकरिता मात्र परिक्षणात्मक अंदाजावरून चाचणी करावी लागेल.

(ऊ) जलविषयक नियंत्रण बिंदू—

सामान्यतः आ. १३ तील D च्या जवळची आराखडा तयार करून निर्धारित केलेली खोली क्रांतिक खोलीपेक्षा जास्त असते. अशी खोली जलविषयक गरजेवर आधारित केलेली नसून ती पूर्वी खुलासा केल्याप्रमाणे कमीत कमी खुदाई होईल अशा तऱ्हेने निवडलेली असते आणि याकरिता आ. ८ मध्ये दाखविल्याप्रमाणे D पासून N या संपूर्ण खोल खोदकामातील तळाची खोली शक्य तितकी वर ठेवणे अवश्य असते हे उघड आहे. N पाशी खोली क्रांतिक करून आणि D पाशी जरूर तितकीच खोली राहील अशी N या बिंदूपाशी तळाच्या पातळीची निवड करून हे साध्य करण्यात येते. N पाशी ही पातळी जरी जास्त खोल असली तरी जलविषयक क्रियेत अडथळा येणार नाही परन्तु त्यामुळे निरर्थक खोदकाम करावे लागेल.

क्रांतिक खोलीच्या बिंदूला जलविषयक नियंत्रक म्हणतात. याकरिता आ. ८ मध्ये N येथे दाखवल्याप्रमाणे नाली जमिनीच्या आत राहण्याकरिता जेथून ढाळ खडा करता येईल अशा बिंदूजवळची जागा ही सर्वोत्कृष्ट होय. अर्थात विशिष्ठ परिस्थितीत अन्य जागा शोधावी लागेल. उदाहरणार्थ आ. १५ तील बोल्डरडॅमच्या सांडव्याचे बाबतीत माथ्याच्या टोकापासून लगेच खालच्या बाजूस हा नियंत्रणबिंदू आहे.

नियंत्रण बिंदूजवळचा प्रवाह क्रांतिकखोली जवळ असला पाहिजे आणि तेव्हा

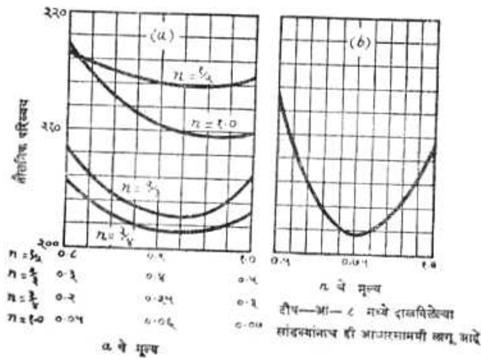
$$h_v = \frac{A}{2T} \qquad (९)$$

असते तेव्हा हे घडून येते. यातील खुणा सूत्र ६ प्रमाणेच आहेत. नियंत्रण बिंदूजवळील खालच्या ढाळाची पातळी अशी असली पाहिजे की (खोली आणि वेगशीर्ष यांच्यात खालच्या ढाळाची पातळी मिळवून प्राप्त केलेला) उर्जाढाळ हा माथ्याच्या खालच्या बाजूच्या टोकाच्या जवळच्या उर्जेतून वाटेत होणारी हानि वजा करून जी बाकी राहील तिच्याइतका असेल. अशा तऱ्हेने नियंत्रण स्थापित केल्यावर जलविषयक संगणन पूर्ण करण्यांत यावे व रूपरेखा आरेखित करावी.

(ए) तुलनात्मक अंदाज —

तळाची रूपरेखा पुरी होताच सांडव्याच्या माथ्याच्या अनेक काटछेदाकरता आ. १२ मधील तत्वे लागू करावीत आणि त्यातून निष्पन्न होणाऱ्या नालीचे जागेच्या प्रदेशवर्णनात्मक नकाशावर आरेखन करावे. नंतर आ. १४ मधील डाव्या बाजूच्या विभागातील अनेक वक्रांपैकी एकावर एक बिंदू (a) प्राप्त करता येईल अशा तऱ्हेने सांडव्याच्या खर्चाचे अंदाज-पत्रक तयार करावे. a ची आणखी जास्त चाचणीमूल्ये गृहीत धरून आणि खर्चाची आणखी अंदाजपत्रके तयार करून अनेक बिंदूंचे संगणन करावे आणि त्यावरून आ. १४ a मधील वक्रांपैकी एक वक्र आरेखित करावा. n च्या चाचणी मूल्याचा बरोबर उपयोग करण्याकरता a चे बिनचूक मूल्य या वक्राच्या सर्वात खालच्या बिंदूवरून प्राप्त करता येईल. नंतर n चे नवे मूल्य गृहीत धरावे आणि अशी क्रिया वारंवार करावी व रेखाकृतीत दाखविल्या-प्रमाणे अशा तऱ्हेने अन्य वक्र आरेखित करावे की a आणि n यांची सर्वात

मोयीस्कर जोडी मिळाली हे स्पष्ट व्हावे. आ. १४ b मधील वक्र आ. १४ a मधील प्रत्येक वक्रांतील सगळ्यांत तळांतील बिंदू n च्या तत्सम मूल्यांशी आरेखित करून काढण्यांत आला आहे.



आ. १४ काटकसरीचे खर्चाचे वक्र

दिलेल्या उदाहरणावरून असे दिसून येईल कीं, n चे सर्वोत्कृष्ट मूल्य ०.७५ असून तत्सम a चे अंदाजी मूल्य ०.२५ आहे.

(ऐ) माथ्याचे निमज्जन :–

आकृती ९ आणि १३ मधील B पाशी प्रस्रावात मोठ्या प्रमाणात घट न येता पाण्याच्या खाली किती प्रमाणात बांध ठेवता येईल हे खर्चात होणाऱ्या बचतीच्या दृष्टीने महत्वाचे असते. आ. ९ वरून हे उघड होईल कीं, B P या अनुज्ञेय निमज्जन रेषेपासून खालच्या बाजूकडे (d + y) मोजून तळातील तपरेखा प्राप्त केलेली आहे. प्र. ११ च्या अ. ३ (m) मध्ये निमज्जनाचा प्रस्रावावर होणाऱ्या परिणामासंबंधी उहापोह करण्यात आला आहे. बऱ्याच खोलीपर्यंत निमज्जनाने प्रस्राव फक्त अगदी हळूहळू कमी होतो आणि B या बिंदूपासून खालच्या बाजूकडे पुच्छजलाची खोली कमी होते. एकंदर प्रस्रावात गंभीर घट न होता जलशीर्षाच्या $\frac{1}{2}$ अगर $\frac{2}{3}$ पर्यंत B पाशी माथा बुडविता येतो. अशा अर्धवट निमज्जित परिस्थितीत सूत्र ६ आणि ७ अगदी काटेकोरपणे वापरण्यात येत नाहीत, कारण (अशा स्थितीत) अंत:प्रवाह अस्थिर असतो. अर्थात कोणत्याहि सामान्य परिस्थितीत ही (सूत्रे) पुरेशा बिनचूकपणे लागू होतात आणि त्यातील निष्कर्ष पुढे देण्यांत येणाऱ्या पद्धतीने तपासण्यात येतात. काही वेळा भारी निमज्जन गृहीत धरणे इष्ट असते व त्याकरिता

प्रवाहातील झालेल्या घटीची भरपाई करण्याकरिता उत्पलवनालीची खोली वाढवावी लागते. ही प्रक्रिया कोठपर्यंत चालू ठेवावयाची ती सीमा चाचणी-अंदाजावरून निश्चित करता येते.

(ओ) (पाण्याचा) फूग (Sweil) **आणि विक्षुब्धपणाकरिता** (Turbulance) तरतूद :–

नालीच्या काठावरून अगर अस्तराच्या माथ्यावरून पाणी पडू नये म्हणून जरूर असणाऱ्या मुक्त बांधाचा अंदाज करावा लागतो. वेगांच्या विषम वाटघा-मुळे आणि (नालीत) पडणाऱ्या पाण्यामुळे आत ओढून घेतलेली हवा कोंडली गेल्यामुळे निर्माण होणारा विक्षुब्धपणा आणि फूग याकरिता तरतूद करावी लागते. फूग किती येईल याबद्दलची संख्यात्मक माहिती दुर्मिळ असते. आ. ८ मधील सांडव्याच्या लहान आकाराच्या प्रतिमानावर हाइड्स यांनी जे प्रयोग केले त्यावरून असे दिसून आले की ही फूग ० ते १० टक्के म्हणजे सरासरीने ४ टक्के येते. या फुगीशिवाय नालीच्या बाहेरच्या बांधावर आडव्या प्रवाहामुळे तरंग (Surge) निर्माण होतो. आ. ८ मधील सांडव्याचे बाबतीत हे परिणाम महत्त्वाचे नव्हते, कारण नालीच्या पाठीमागची उंची सर्व ठिकाणी जरुरीपेक्षा जास्त होती.

जेथून अंतःप्रवाह सुरू होतो त्या बिंदूच्या खालच्या दिशेने जसजशी कोंड-लेली हवा बाहेर पडते, तसतसे ही फूग कमी होण्याकडे तिचा कल असतो. मात्र असमतोल प्रवाहामुळे नालीत[3] बऱ्याच लांब अंतरापर्यंत आडव्यातिडव्या लाटा टिकून राहतात. अशा काही अवस्था असतात की तेथे या बाबीला फार महत्व येते.

(औ) **बोल्डरडॅमचे सांडवे :–**

बोल्डर डॅमवर २ नाल्या असलेल्या सांडव्यांची तरतूद करण्यात आली आहे. प्रत्येक नाल्याची अत्युच्च पुराचेवेळी दर सेकंदाला २००,००० घ. फू. इतकी धारकता असते. यापैकी एका नालीमधील काटछेद आ. १५ मध्ये दाखविला आहे. येथे बोगद्याच्या प्रवेशद्वारापाशी फुगीकरिता काळजीपूर्वक तरतूद कर-ण्याची जरूरी पडली आणि बोगद्यातील आडवा प्रवाह कमीत कमी होईल अशा संक्रमणाची योजना करावी लागली. आणि या आणि इतर लक्ष्याकरिता[4] भरपूर प्रतिमान चाचण्या करण्यात आल्या.

तळटीप ३ उध्दृत केलेल्या ग्रथातील

४ बोल्डर कॅनिऑन प्रोजेक्टस फायनल रिपोर्ट–भाग ६, हायड्रालिक इन्व्हेस्टिगेशन्स, बुल. १. मॉडेल स्टडीज ऑफ स्पिलवेज, यु. एस. ब्यूरो रेक्लमेशन, डेन्वर, कोलो, १९३८.

बोल्डर डॅमच्या सांडव्याच्या मध्यरेषेवरील छेद.

आ- १५

आ. १५ त दाखविल्याप्रमाणे नालीच्या तळापेक्षा बोगद्याच्या प्रवेशद्वाराची उंची जास्त ठेविली आहे. तसेच बोगद्याच्या आंतील प्रवाह सुधारावा म्हणून त्याचे प्रवेशद्वार आडव्या पातळीत "ऑफसेट" केले आहे आणि त्यामुळे "पोर्टलच्या" माथ्याच्या बाजूवर एक पायरी निर्माण झाली आहे. पोर्टलच्या लगेच खालच्या बाजूला वक्ररेषीय बोगद्याच्या इन्वर्टची रूपरेखा फवाऱ्याच्या प्रक्षेपथावरून निश्चित करण्यात आली आहे आणि ११ व्या प्रकरणातील विवेचन केलेल्या परिवाही माथ्याचे बाबतीत लागू पडणारी तत्वे येथेहि वापरण्यात आली आहेत. बांधकामाचा आकार चाचणी करून निश्चित करण्यात आला आणि जलविषयक प्रतिमानांच्या सहाय्याने तपासण्यात आला.

(क) विद्यमान रचनांची तपासणी

(१) जलविषयक सूत्र

मर्यादा लागू असलेल्या विशिष्ट परिस्थितीचे बंधन नसणारी नवीन संकल्पचित्रे तयार करताना उपयुक्त व्हावी हा पूर्वी दिलेल्या माहितीचा उद्देश आहे. सध्यां अस्तित्वात असलेल्या नालीच्या विश्लेषणाकरता विहित आकार आणि उतार अनुरूप असावे लागतात अशा आणि जेथे अंतःप्रवाह विषम असतो अशा नालीच्या

अभिकल्पनेकरता त्याच प्रकारची जलविषयक तत्वे लागू करावी लागतात. $\triangle k$ च्या परिमित मूल्यास मूलभूत संवेग समीकरण स्थूलपणे लागू करण्याकरता ते खालीलप्रमाणे लिहिता येईल :[५]

$$\frac{\triangle M}{\triangle x}=\frac{Q\triangle V}{g\triangle x}+\frac{q}{g}\left(V+\triangle V\right) \qquad (१०)$$

व त्यावरून खालील समीकरण प्राप्त करावे.

$$\triangle y=\frac{Q_1}{g}\frac{(V_1+V_2)}{(Q_1+Q_2)}\left[\triangle V+\frac{qV_2\triangle x}{Q_1}\right] \qquad (११)$$

जेथे $\triangle$ y हे $\triangle$ x लांबीच्या पट्ट्यातील पाण्याच्या पृष्ठभागाच्या वक्राचे पतन आहे. $\triangle$ M आणि $\triangle$ V त्याला अनुरूप असणारा संवेग (Momentnm) आणि वेग Q_1 आणि V_1 हे त्या आटोक्याच्या (Reach) वरच्या टोकाशी असणारे प्रस्राव आणि वेग, Q_2 आणि V_2 हे त्याचप्रकारे खालच्या टोकाशी असणारे प्रस्त्राव आणि q हा माथ्याच्या दरफुटाचा अंतःप्रवाह आणि g हे गुरुत्वाकर्षण आहेत.

एकामागून एक छोट्या छोट्या आटोक्यांना एकदा का प्रस्थान बिंदू मिळाला की समीकरण ११ लागू करून एक जलपृष्ठ वक्र प्राप्त करता येते. हे चांचणी पद्धतीने केले जाते. एखाद्या विशिष्ट जागी $\triangle$ x लांबीच्या आटोक्यांची निवड करून Q_1 आणि Q_2 प्रथमतः निश्चित करण्यात येतात. एखाद्या टोकाजवळची खोली माहित असेल तर त्या टोकाजवळचा वेग संगणित करता येतो. नंतर दुसऱ्या टोकाजवळ एक परिक्षण खोली गृहीत धरून त्यावरून उरलेला वेग संगणित करण्यात येतो. $\triangle$ y चे मूल्य प्राप्त करण्याकरिता वरील प्रमाणे प्राप्त केलेली मूल्ये ११ व्या समीकरणात वापरावीत. हे मूल्य आणि अंदाजित घर्षण (मूल्य) यांची बेरीज दोन्ही टोकाच्या पातळीमधील उर्जा ढाळातील (eneagy gradient) फरका इतकी असावी. हा (उर्जा ढाळ) खोली व वेगशीर्ष याच्या बेरजेत पूरपातळी मिळवून काढण्यात येतो. हे जर साध्य झाले नाही तर नवीन परिक्षण खोली गृहीत धरावी व वरील संगणना पुनः करावी.

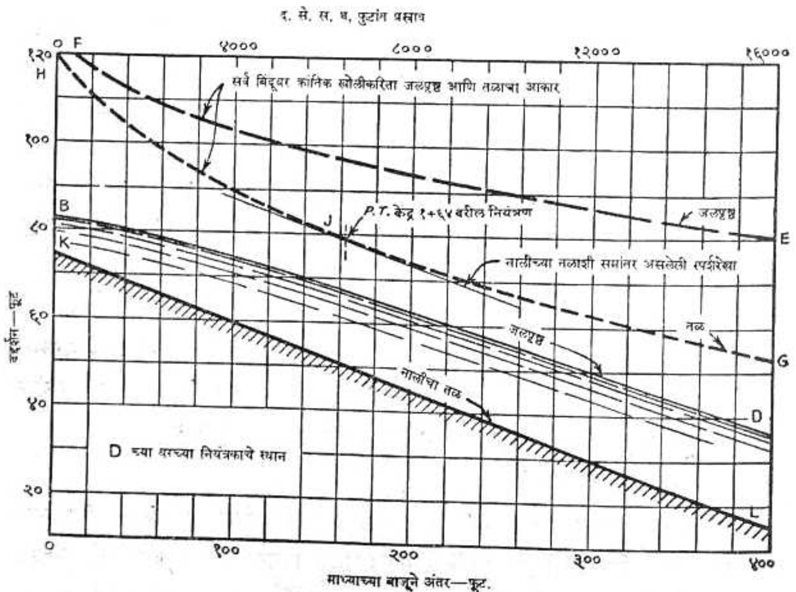
(२) **नियंत्रणाचे स्थान—**

११ वे समीकरण वापरण्यापूर्वी ज्या प्रस्थानाच्या जागेजवळचा वेग माहित आहे ती जागा प्राप्त केली पाहिजे. अशी खोली क्रांतिक बिंदूतून वरून खालपर्यंत जाईल

तळटिप ५ जुलियन हाइंड्स–"साईड चॅनेल स्पिटचेज" ट्रॅं. अ. सो. सि. इं. खंड ८९, १९२६, पा. ८८१.

अशा नियंत्रण स्थानाजवळ प्रस्थानाची जागा निवजडण्यात यावी. पूर्वी उहापोह केल्याप्रमाणे नवीन अभिकल्पनेत हे स्थान ठरवणे जितके सोपे असते तसे याबाबतीत (सोपे) नसते.

जर आ. ८ मधील **D** आणि **N** मधील नालीचा ढाळ क्रांतिक खोलीच्या वेळचा प्रवाह तोलण्यास अपुरा असेल आणि **N** ची खोली जरूरीपेक्षा जास्त असेल तर नियंत्रणाचे स्थान N च्या जवळ ठेवावे लागेल. जर D आणि N मधील ढाळ क्रांतिक खोलीच्या वेळचा प्रवाह तोलण्यास जरूरीपेक्षा जास्त असेल तर नियंत्रणस्थान **D** च्या जवळ येईल किंवा कांहीशा वरच्या बिंदूजवळ येईल. **D** पासून वरच्या बाजूस घर्षणाच्या शक्तीखेरीज आत येणाऱ्या पाण्याच्या जडत्वामुळे निर्माण होणारी प्रतिरोध शक्तीही अस्तित्वात असते व तिच्यामुळे नियंत्रणांत बाधा येते. जर D पासून लागलीच वरच्या बाजूस नालीचा ढाळ हानी भरून काढण्यास आणि क्रांतिक खोलीचे वेळी प्रवाह चालू राहण्यास अपुरा असेल तर नियंत्रण D जवळ राहील. नाहीतर जेथे याकरिता जरूर तितका ढाळ असेल अशा आणखी वरच्या बाजूच्या एखाद्या बिंदूजवळ नियंत्रण-स्थान जाईल.



आ. १६

D च्या वरील बाजूस नियंत्रणाचे प्रत्यक्ष स्थान निश्चित करणे गुंतागुंतीचे असते. कारण क्रांतिक खोली, जडत्वीय प्रतिरोध आणि प्रवाह हे सर्व अस्थिर असतात आ. १६ त अशा तऱ्हेच्या समस्येस तोंड देण्याकरिता एक पद्धत सुचविली आहे. नाली निरनिराळ्या आटोक्यात (Reach) विभागण्यात येते आणि प्रत्येक आटोक्याच्या अखेरीस प्रस्त्रावाचे आणि क्रांतिक खोलीचे संगणन करण्यात येते. जर क्रांतिक खोलीच्या वेळचा प्रवाह सर्वत्र असला तर त्यामुळे निर्माण होणारा जडत्वीय प्रतिरोध आणि घर्षण हानी यांचा अंदाज काढण्यात येतो आ. १६ त E जवळ दाखविल्याप्रमाणे माथ्याचा खालच्या (down stream) टोकाच्या समोर एकाद्या कल्पित पातळीवर सुरवात करून आणि जडत्वीय प्रतिरोध आणि घर्षणहानी एकत्र करून **EF** वक्र आरेखित करणे शक्य होते. जर खोली सगळीकडे क्रांतिक असेल तर त्यावेळी पाण्याच्या पृष्ठभागास अशा वक्राची जरूरी असते. (ज्यावेळी **E** ची अखेरची पातळी कल्पित असते) ती अवस्था निर्माण करण्याकरिता लागणारी तळातील रूपरेखा HG या वक्रावर क्रांतिक खोलीच्या खाली मोजता येते. जेथे J या बिंदूजवळ नियंत्रक असतो तेथे त्याच स्थानाजवळ KL या प्रत्यक्ष तळाची स्पर्शरेषा आणि HG या वक्राची स्पर्शरेषा समांतर असतात. J च्या डाव्या बाजूकडे क्रांतिक प्रवाह चालू राहण्याकरिता लागणारा ढाळ प्रत्यक्ष ढाळापेक्षा जास्त असतो आणि उजव्या बाजूकडे तो कमी असतो आणि ही अवस्था नियंत्रण निर्माण होण्याकरिता आवश्यक असते. KL सरळ असणे अगत्याचे नाही. ज्यांच्या दरम्यान जलोच्छाल आहेत असे दोन अगर अधिक नियंत्रण बिंदू असण्याचीही शक्यता असते.

(ख) पुच्छजल वक्र :–

नियंत्रकाचे स्थान निश्चित केल्यावर ११ व्या प्रकरणातील अ. ५ मध्ये खुलासा केल्याप्रमाणे सूत्र ११ ने संगणित केलेल्या जडत्वीय प्रतिरोधाकरिता सवलत ठेऊन दोन्ही बाजूस पुच्छजल वक्र परिगणित करण्यात यावा.

(ग) सांडव्याच्या खालच्या बाजूची नाली :–

विविध प्रकारच्या बांधकामाच्या सखोल माहितीकरिता व पार्श्वपात्री सांडव्यापासून नदीपर्यंतच्या प्रवणिकेचे अभिकल्पनेकरता अ. (१) पहावा.

३–कूप सांडवे

ज्याला कधी कधी "मॉर्निंग ग्लोरी" असे संबोधण्यात येते अशा कूप सांडव्याला उभ्या व एका बाजूस पसरत्या नाळक्यासारखा आकार असतो. त्याचा

आ. १७. मानक सांडवा व सपाट माथ्याचा कूप सांडवा यांची तुलना

माथा हा सांडव्याचा ओठ असे म्हणतात येईल. त्याचे चित्र आ. १७ त दाखविले आहे. धरणाच्या बांधकामातून अगर धरणाच्या बाजूने नेलेल्या L च्या आकाराच्या बहिर्द्वार नलिकेशी नाळके जोडलेले असते.

कूप सांडव्याचे दोन साधारण प्रकार आहेत. पहिल्या प्रकारात मानक माथा असतो (पहा. अ. २ प्र. ११) व दुसऱ्यात सपाट माथा असतो. आ. १७ त या दोन्हीची तुलना करण्यात आली आहे. सपाट माथ्याच्या सांडव्यात "विअर विभाग व अविरोध पतन होईल असा विभाग" असे दोन भाग असतात. त्या ठिकाणी

अविरोध पडणाऱ्या पाण्याच्या फवाऱ्याच्या (Jet) पथाशी जुळणारा सांड-व्याचा आकार असतो, आणि त्यांत पाण्याने संपूर्णपणे भरलेला आहे असा उभा कूप–विभाग समाविष्ट केलेला असतो. या उभ्या कूप विभागाच्या खालच्या बाजूस कोपरा आणि आडवी नलिका असते.

मानक माथ्याच्या सांडव्याचीहि रुपरेखा अशीच असते. फक्त तीत विअर विभाग नसतो आणि माथ्यापासून अलग होताच पाणी अनिर्बन्धपणे पडण्यास सुरवात होते. या उलट सपाट माथ्याच्या सांडव्यावर पाणी अनिर्बंधपणे पड-ण्यास सुरवात होण्यापूर्वी ते माथ्याकडे सपाट उतारावरून नेले जाते.

मानक माथ्याच्या सांडव्याला कमी व्यासाचा माथा लागतो हा फायदा आहे कारण सपाट माथ्यापेक्षा याचा प्रस्राव गुणांक जास्त असतो. कारण पहिल्या प्रकारात दुसऱ्यापेक्षा व्यास फक्त सुमारे ७५ टक्के असतो. बाकीच्या गरजा जर पुऱ्या करता आल्या आणि आ. २० मध्ये दाखविल्याप्रमाणे जर हा सांडवा बुरजासारखा बांधला तर अर्थातच मानक माथ्याचा सांडवा जास्त फायदेशीर असतो.

सपाट माथ्याच्या सांडव्याचे नाळके जास्त लहान असते. आ. १७ मध्यें दाखविल्या प्रमाणे माथ्यापासून खाली ४६ फूट अंतरावर त्याचा व्यास दुसऱ्या प्रकारात लागणाऱ्या व्यासापेक्षा अंदाजे फक्त ३९ टक्के आहे. म्हणून जेव्हा आ. २३ मध्ये दाखविल्याप्रमाणें सांडवा खडकात खोदावा लागतो तेव्हा तोच प्रकार नेहमी पसंत केला जातो.

मानक माथ्याच्या सांडव्याचा उभा कूप विभाग नेहमीच काहींसा लहान व्यासाचा असतो. कारण उभ्या दिशेने (वाहणाऱ्या प्रवाहाच्या) वेगाकरिता जे (जल) शीर्ष h_v उपलब्ध असते ते काहीसे जास्त असते. परन्तु हा फरक प्रायः किरकोळ असतो. निरांळा परिच्छेद कोपरापर्यंतच उपलब्ध असलेल्या उभ्या अंतरा-पेक्षा अनिर्बंध पतन विभागाची उंची (आ. १७) जास्त असू शकते. अशावेळी जरी सांडवा बुरजाच्या आकाराचा असला तरी सपाट माथ्याच्या अगर मिश्र स्वरुपाच्या सांडव्याचा उपयोग करावा लागेल नाहीतर सांडव्यावरील जलशीर्ष वाढवावे लागेल आणि परिणामतः व्यास जास्त लहान होईल आणि जला-शयातील पाण्याची पातळी माथ्यावरील दरवाज्याच्या सहाय्याने कायम राखावी लागेल.

या लेखांत सांडव्यांच्या दोन सामान्य प्रकारांचा विचार केला जाईल. वाचकांची पार्श्वभूमि तयार असल्याने संमिश्र सांडव्याचे संकल्पचित्र (deslgn) तयार करण्यात अडचण येणार नाही.

(अ) मानक माथ्याचा सांडवा :– खुलाशात्मक उदाहरण म्हणन आ. ८ मध्ये मानक माथ्याच्या सांडव्याचा छेद दाखविला आहे. धारदार माथ्याच्या बांधावरून पडणाऱ्या पाण्याच्या फवाऱ्या खालील जागा केवळ कॉन्क्रीटने भरुन "मानक माथा" कसा प्राप्त केला जातो. याच्या वर्णनाकरिता वाचकांनी प्र–११ मधील अ–२ पहावा. त्याच सामान्य तत्वास अनुसरून मानक माथ्याच्या कूपसांडव्याचा आकार प्राप्त करता येतो. फक्त त्याचा माथा वर्तुळाकार असतो. व (जल) स्रोतांना विशिष्ट प्रकारचे आकार येतात.

R या त्रिज्येच्या धारदार माथ्याचा गोलाकार, खड्या, धारदार मानक सांडव्याकरिता निरनिराळ्या जलशीर्षाचे गुणोत्तर धरून त्याची निःसारण-क्षमता व खालच्या 'नॅप' (Nappe) चा आकार ठरविण्याकरिता प्रयोग[6] करण्यात आले आहेत. हे प्रयोग अगदी क्षुल्लक आगमन वेग धरून (Velocelty of approwch) करण्यात आले. बऱ्याच प्रमाणांत असलेल्या आगमन वेगासंबंधी माहिती उपलब्ध नाही.

मानक माथ्याच्या कूप सांडव्याचे संकल्पचित्र तयार करण्याकरता लेखकाने या प्रयोगांच्या अहवालातील आधारसामग्रीचा (Data) उपयोग केला आहे. जेथे संदर्भ दिलेला नाही तेथे लेखकाने आपली तारतम्यबुद्धी आणि आधार सामग्रीच्या व्याप्तीचा (Extention) उपयोग केला आहे. निराळा परिच्छेद संकल्पचित्रातील पुढील टप्याच्या माहितीकरिता आ. १८ चा संदर्भ घेतला आहे. त्यावरून दिसून येईल की आकृतीत दर्शविल्याप्रमाणे सैद्धांतिक "धारदार माथ्या" वरील प्रवाहावरून "सांडव्याच्या माथ्या"चे संकल्पचित्र भाकित केले आहे.

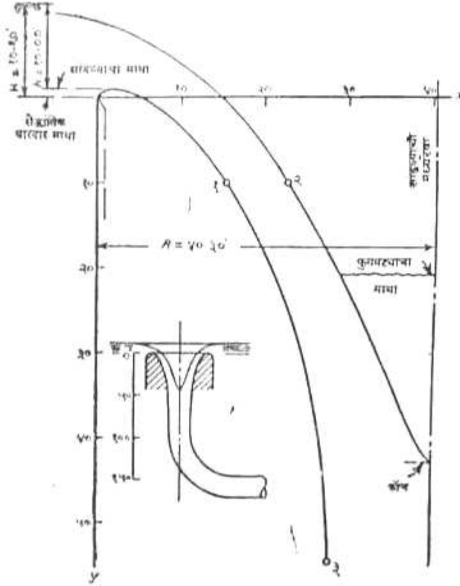
(१) सांडव्याच्या माथ्यावरील लागणारी क्षमता Q आणि अनुज्ञात अत्युच्च शीर्ष h, ज्याच्याखाली सांडवा काम देऊ शकला पाहिजे, ही खाली दिली आहेत. उदाहरणार्थ – असे गृहीत धरा की

Q = ३०,००० से. फू. आणि

h = १०.०० फू. व

तळटीप ६ कॅप अँड हो "टेस्ट ऑफ सर्क्युलर विअर्स" सि. इं. एप्रिल १९३९ पा. २४७. आर. बी. ड्युपॉंट, "डिटर्मिनेशन ऑफ अंडर नॅप ओव्हर ए शार्प क्रेस्टेड विअर, सर्क्युलर इन प्लॅन वुइथ रेडिअल अप्रोच" केस स्कूल ऑफ अप्लाईड सायन्स या संस्थेस १९३७ मध्ये सादर केलेला प्रबंध.

(२) धारदार माथ्यावरील कामचलाऊ शीर्ष H हे ११.२ फूट आहे असे गृहीत धरा.



आ. १८ मानक माथ्याच्या कूप सांडव्याचे उदाहरण

(३) धारदार माथ्याच्या बांधाची त्रिज्या, R चे मूल्य ५०.० फूट आहे असे तात्पुरते धरा.

$$\text{यावरून} \quad \frac{H}{R} = \frac{११.२}{५०} = ०.२२४$$

(४) डब्ल्यू पॉटच्या[७] माहितीवरून लेखकाने आ. १९ तयार केली आहे तीवरून असे दिसते की $\frac{H}{R}$ = ०.२२४ असताना प्रस्राव गुणांक C = ३.३११ असतो.

(५) नंतर माथ्याच्या दर अनुरेखीय फुटाला q हा प्रस्राव काढा.

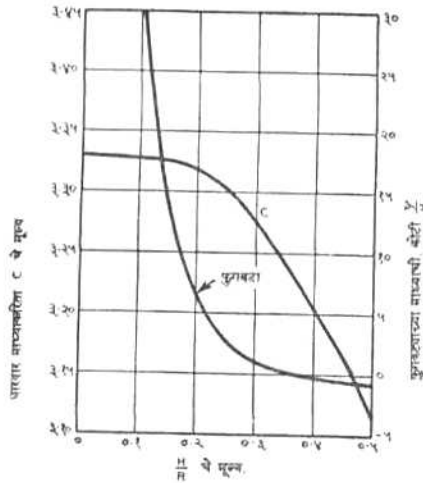
$$q = CH = ३.३११^{3/2} \times ११.२^{\frac{3}{2}} = १२४.१$$

(६) यावरून आपणास हवी असलेली त्रिज्या R खालील प्रमाणे मिळते.

$$R = \frac{Q}{2\pi q} = \frac{३०,०००}{२ \times ३.१४१ \times १२४.१} = ३८.५ \text{ फूट},$$

तळटीप ७, वरील प्रमाणें

(७) R चे ३८.५ फूट हे मूल्य गृहीत धरलेल्या R च्या ५० फूट मूल्याइतके नसल्याने, ३ऱ्या बाबीकरिता R चे नवीन मूल्य गृहीत धरावे लागेल आणि ही क्रिया ६ व्या बाबीत प्राप्त केलेले R चे मूल्य बाब ३ मध्ये गृहीत धरलेल्या R च्या मूल्याइतके येईपर्यंत पुनः पुनः करावी लागेल.



आ. १९

याप्रमाणे बाब ३ मध्ये R चे ३८.८ फूट हे बरोबर मूल्य धरून आपणाला असे आढळते की,

$$\frac{H}{R} = ०.२८८७$$

$$C = ३.२८२$$

$$q = १२३.२$$

$$R = ३८.८$$

(८) H च्या बाब २ मधील तात्पुरत्या ११.२ फूट या मूल्याकरिता आपण आता निष्कर्ष काढले आहेत आणि आता हे बरोबर आहे की नाही हे ठरविले पाहिजे.

(९) धारदार माथ्यापासून विलग झाल्यावर खालच्या नॅपचा उभार (Rise) r, कॅप आणि होवे[८] यांच्या खालील सूत्रावरून उपलब्ध करता येतो.

तळटीप ८, उध्दृत केलेल्या ग्रंथातील

आ. २० किंस्ले धरणावरील कूप सांडवा (सेंट्रल नेब्रास्का—सार्वजनिक विद्युत् आणि सिंचाई विभाग)

$$\frac{r}{H} = ०.११ - \frac{०.१०H}{R}$$

$$r = ०.११ \times ११.२ - \frac{०.१० \times ११.२ \times ११.२}{३८.८} = ०.९०९$$

(१०) यावरून सांडव्याच्या माथ्यावरील शीर्ष h हे

$$h = H - r = ११.२ - ०.९०९ = १०.२९ \text{ येते.}$$

बाब १ प्रमाणे h चे हे मूल्य h = १०.०० इतके नसल्याने बाब २ मध्ये H चे नवीन मूल्य धरले पाहिजे आणि ही क्रिया बाब १० मधील h चे अंतिम मूल्य १० येईतो पुनः पुनः केली पाहिजे. याकरता बाब २ मध्ये H चे योग्य मूल्य १०.९ आणि बाब ३ मध्ये R चे योग्य मूल्य ४०.३ धरून खालीलप्रमाणे मूल्ये प्राप्त करावीत.

$$\frac{H}{R} = ०.२७०३$$

$$C = ३.२९४$$

$$q = ११८.६$$

$$R = ४०.३$$

$$r = ०.९०$$

$$h = १०.०$$

(११) धारदार माथ्याच्या बांधावरून पडणाऱ्या झोताचे आरेखन करणे ही पुढची पायरी होय. याकरतां झोताचा कमाल उभार r खेरीज करून, बाकीच्या बाबी डयू पॉटच्या प्रबंधांतील आधार सामग्रीवरून प्राप्त करण्यांत आल्या. पूर्वी खुलासा केल्याप्रमाणे r या कमाल उगाराकरतां कॅप आणि हो यांची आधारसामुग्री वापरण्यांत आली.

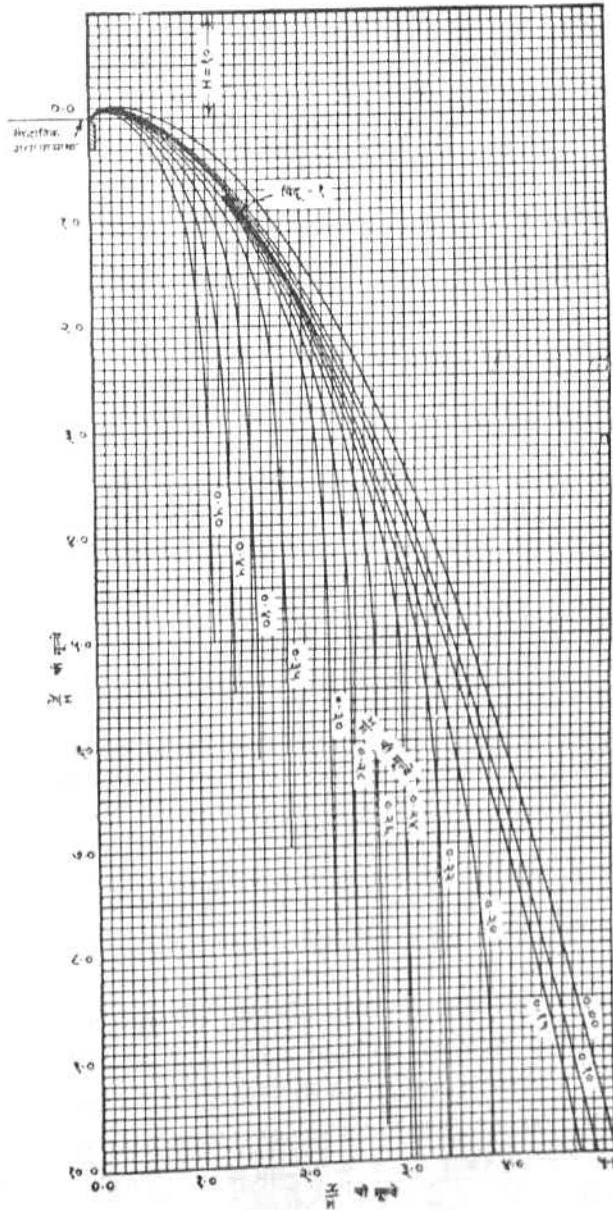
धारदार माथ्याचा बांध हे मूळस्थान (Origin) धरून खालच्या नॅपचे (under nappe) निर्देशांक आ. २१ मध्ये दिले आहेत.

१ या बिंदूकरतां जेथे y = १० आहे,

$$\frac{y}{H} = \frac{१०.०}{१०.९} = ०.९१८$$

आ. २१ वरून $\frac{H}{R} = ०.२७०३$,असल्यास $\frac{x}{H} = १.४$ येईल

म्हणून $x = १.४ \times १०.९ = १५.२७$



आ. २१. मानक माध्याच्या सांडव्या करता खालची नंप

(१२) धारदार माथ्याच्या खालील झोताच्या बाहेरच्या बाजूकरिता x o चे मूल्य खालीलप्रमाणे प्राप्त करता येते.

$$x_0 = R - \sqrt{R_0^2 - \frac{Q}{\pi\sqrt{२g\ (y + ०३८७H)}}}$$

येथे R_0 हा त्या पातळीवरच्या खालच्या नॅपची त्रिज्या आहे. या समीकरणांत उदग्र वेगाकरतां (y + ०.३८७h) हे शीर्ष उपलब्ध आहे. २ या बिंदूकरतां $R_0 = R - x$ = ४०.३० – १५.२७ = २५.०३ आणि y = १०.०

$$\text{आणि}\ x_0 = ४०.३ - \sqrt{२५.०३^2 - \frac{३०,०००}{३.१४१ \times ८.०२\sqrt{१० + ०.३८७ \times १०.९}}}$$

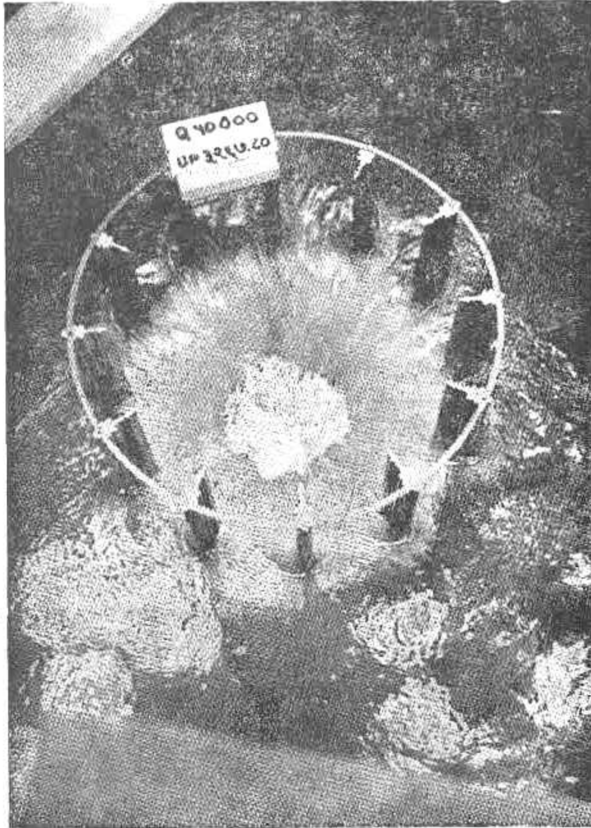
$$x_0 = २२.६६$$

(१३) याप्रमाणे क्रिया करून आपल्याला असे दिसून येते की जेव्हा x_0 = ४०.३० आणि y = ४३.२० असतात तेव्हा "वरची नॅप" सांडव्याच्या मध्यरेषेचा छेद करते. या बिंदूपाशी ज्याला "क्रौच" असे म्हणतात तेथे शवतीचे फुगवटयामध्ये परिवर्तन होते आणि आडव्या दिशेचा जलवेग नाहीसा होतो. हे आ. १८ व आ. २२ मध्ये दाखविल्याप्रमाणे क्रौचच्यावर घडून येते.

फुगवटयाच्या माथ्याची कोटि $\frac{y}{H}$ आ. १९ (डयू पॉट) मध्ये दाखविली आहे आणि $\frac{H}{R}$ = ० २७०३ असल्याने या उदाहरणाकरिता त्या फुगवटयाचे स्थान y = १.९ × १०.९=२०.७ फूट इतके धारदार माथ्याच्या खाली आहे. ध्याम क्रॉचच्या पातळी खालून आपण खालीलप्रमाणे चालू या:

(आ) **प्रस्राव नलिका** – आतापर्यंत आपण घर्षणाची उपेक्षा केली कारण आ. १८ त दाखविलेल्या आकारमानाच्या सांडव्याकरिता माथ्यापासून क्रॉचपर्यंतची घर्षणहानी अल्प असते आणि ती विचारात घेतली तरी ही उपेक्षा आपल्या प्रमेयाला लागणाऱ्या अचुकतेच्या मर्यादेच्या बऱ्याच आत असते. शिवाय ती विचारात घेणेही अडचणीचे असते म्हणून ती विचारात घेतलेली नाही. परन्तु क्रॉचच्या खाली उभा कूप ,कोपरा व आडवा अगर जवळ जवळ आडवा भाग समाविष्ट असलेल्या नलिकेची तरतूद केलीच पाहिजे की ज्यामध्ये घर्षणहानी पुष्कळच असेल.

गरजेइतक्या आकाराप्रत पोहोचेपर्यंत क्रीचच्या खालच्या नलिकेच्या उभ्या कूपा (Shaft) चा व्यास कमी कमी करत जावा. नलिकेचा गरजेइतका आकार येण्याकरिता उभ्या कूपाचा व्यास खालीलप्रमाणे प्राप्त करता येतो.



आ. २२ किस्ले धरणाच्या कूप सांडव्याची चांचणी-(केस स्कूल ऑफ अॅप्लाइड सायन्स येथील जी. ई. बार्न्स यांनी केली)

एकाद्या विशिष्ट पातळीच्यावर R_1 ही कूपाची त्रिज्या असली आणि h_v हा त्याच पातळीवर उपलब्ध असणारा वेग असला तर

$$h_v = y + ०.३८७H - f_1 - f_2$$

जेथे f_1 ही माथ्यापासून क्रॉचपर्यंतची घर्षण हानी आहे आणि f_2 ही क्रॉचपासूनच्या पातळीपर्यंतची घर्षण हानी आहे. जलविषयक सामान्य तत्वावरून ही निश्चित करता येतात.

मग $$Q = \pi R_1^2 \sqrt{2g(y + 0.387H - f_1 - f_2}$$

अथवा

$$R_1 = \sqrt{\frac{Q}{\pi\sqrt{2g(y + 0.387H - f_1 - f_2)}}}$$

३ऱ्या बिंदूकरिता $y = ५५.$ आहे. $f_1 = ०.३$ आणि $f_2 = ०.४$ धरा. यावरून $R_1 = १२.४८$ येतो.

वर उल्लेख केल्याप्रमाणे नलिकेचा योग्य आकार प्राप्त होईपर्यंत अशा प्रकारे उभा कूप कमी कमी करता येतो. जसे शीर्ष उपलब्ध असेल त्याप्रमाणे प्रस्राव Q त्यांतून जाऊं शकेल असा नलिकेचा आकार असला तरच त्याला योग्य आकार असें म्हणतां येईल. उदाहरार्ण ३ऱ्या बिंदूजवळ जर योग्य आकार मिळाला असताना ज्याअर्थी ३ ऱ्या बिंदूवरील संपूर्ण शीर्ष, वेग निर्मिती घर्षण आणि अन्य हानी भरून काढण्यात खर्च झालेले असते त्याअर्थी उरलेले घर्षण हानि भरून काढण्यास उपलब्ध असलेले शीर्ष ३रा बिंदू आणि प्रस्राव नळीचे निर्गमद्वार यांच्या पातळीतील फरकाइतके असते.

तथापि पी. एच. जीनिशेन यांनी असे नजरेस आणले आहे कीं कूप सांडव्याचे बाबतीत कोपऱ्याजवळ एक महत्वाचा घटक असतो आणि कांही उदाहरणांत त्याचेकडे दुर्लक्ष केले गेलेले असेल. P हा कोपऱ्याच्या गृहीत (given) काटछेदाजवळचा सरासरी दाब असू द्या.

p_a = समुद्रसपाटीपासचा अंदाजी ३४ फूट जलशीर्षाइतका वातावरणातील दाब.

p_c = केंद्रोत्सारी बलामुळे कोपराच्या आतल्या बाजूवरील दाबातील घट.

p_v = सुमारे एक फूट पाण्याइतका पाण्याचा बाष्पदाब (पहा – बाष्पसारणी) वाकणाच्या आतल्या बाजूवरील निरपेक्ष (absolute) दाब खालील प्रमाणे असतो.

$$P = p_a + (p - p_c)$$

सांडव्याच्या प्रतिरूप चाचणीत p_c पुष्कळवेळा P पेक्षा जास्त असल्याने $p-p_c$ हा दाबमापीवरील पाठ्यांक ऋण असतो. परन्तु मॉडेलमध्ये हे $p-p_c$ चे ऋणमूल्य p_v या पाण्याच्या बाष्पदाबा इतके, P हा निरपेक्ष दाब कमी करण्यास क्वचितच पुरेसे असते.

परंतु जेव्हा मॉडेल आदिरूपाइतके वाढविण्यात (stepped up) येते तेव्हा स्केल मॉडेलच्या प्रमाणात $p-p_c$ ही वाढते परंतु p_a स्थिरच असतो. म्हणून जेव्हा p_a-p_c च्या ऋणमूल्यात वाढ होते आणि p_a स्थिर रहातो तेव्हा निरपेक्ष दाब

P कमी होतो आणि तो पाण्याच्या बाष्पदाबाइतका अगर त्यापेक्षा कमी असू शकतो. असे जर घडले तर गंभीर परिणाम निर्माण होण्याची शक्यता असते. गंभीर प्रकारच्या निर्वातनाबरोबरच कोपरा पाण्याने भरून राहणार नाही कारण आतली बाजू जलबाष्पाने भरलेली असते. जर प्रस्राव स्थिर राहिला तर कोपऱ्यातील वेग वाढला पाहिजे. कारण पाण्याने तेव्यापल्यामुळे त्याचा छेद कमी झालेला असतो आणि जास्त वेग निर्माण करण्याइकरिता जास्त दाबाची गरज असते.

जर p हा दाब अधिक वेग आणि घर्षण निर्माण करण्यास पुरेसा नसेल तर सांडव्याची क्षमता बरीच कमी होईल.

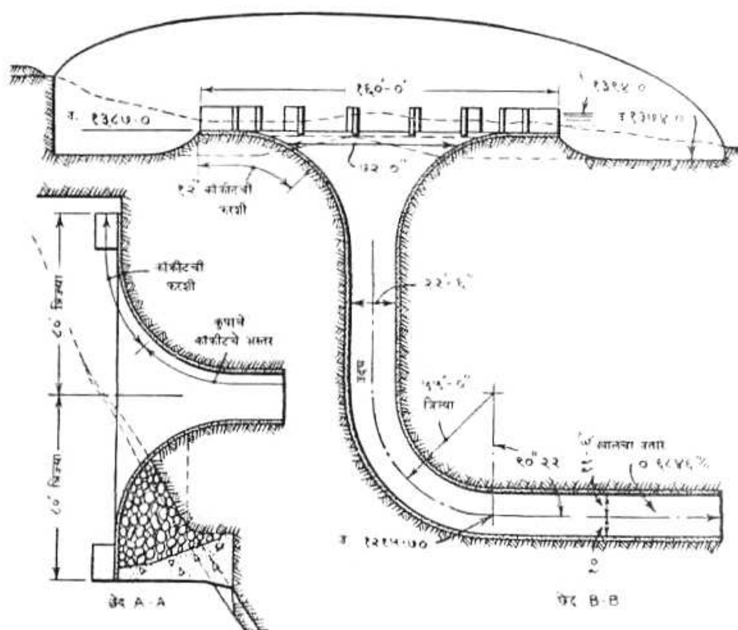
कोपऱ्याच्या आतील दाबहानी बारकाईने परिगणित करता येत नसल्याने अंतिम अभिकल्पनेकरिता प्रतिमान चित्रावरून चाचण्या घेण्याची आवश्यकता असते. संपूर्ण मॉडेलमध्ये आंशिक निर्वातस्थिती निर्माण करून कोपराच्या जवळच्या प्रत्यक्ष अवस्थांची नक्कल करता येते. यामुळे मॉडेलच्या भोवतालचा निरपेक्ष दाब आणि हवेतील दाब यांचे गुणोत्तर मॉडेलच्या स्केल गुणोत्तरा-इतके करता येते. अर्थात याचा अर्थ हा की जेटचे वियोजन (Separation) रोखण्याकरिता सैद्धांतिकरित्या मॉडेलचे गुणोत्तर $\frac{1}{p_a - p_v}$ पेक्षा जास्त असता कामा नये. ते साधारणपणे १/३३ इतके असावे बहुधा ते काहीसे कमीच असावे. कारण आंशिक निर्वातस्थिति स्थिर राहण्या करिता ज्या सोयी उपलब्ध असतील त्यावर ते अवलंबून असते.

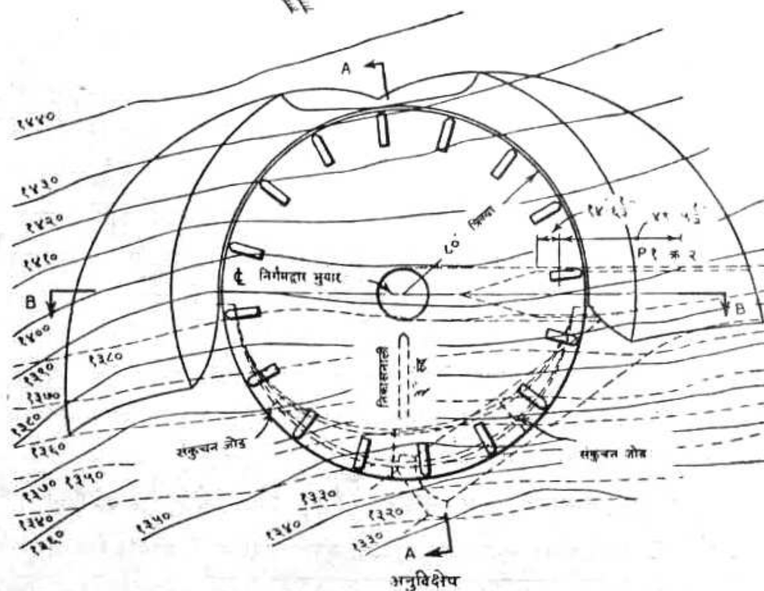
पूर्वी उल्लेख केल्याप्रमाणे कोपऱ्याचा आतमध्ये अवसामान्य दाब निर्माण होण्याकडे असलेला कल संतुलित करण्याकरिता लागणारा दाब साचून रहावा म्हणून कूप पुरेशा लांबीपर्यंत सारख्या व्यासाचा असला पाहिजे. काही सांडव्यात, त्याची मापे अशी असतात की कोपऱ्याची पातळी स्थिर असल्याने जर मानक माथ्याच्या सांडव्याचा उपयोग केला तर क्रॉचची पातळी वाजवीपेक्षा जास्त खाली जाते. अशा परिस्थितीत सपाट माथ्याचा कूप सांडवा अगर संमिश्र प्रकारचा सांडवा स्वीकृत केला पाहिजे.

(इ) **सपाट माथ्याचा कूप सांडवा**–(Flat crested shaft spillway)

Ford Curtz[९] यांनी सपाट माथ्याच्या कूपसांडव्याच्या संकलपचित्राचे वर्णन

तळटीप ९ "दी हायड्रॉलिक डिझाईन ऑफ दी शाफ्ट स्पिल्वे डेव्हिस ब्रिज धरणाकरता आणि कार्यकारी प्रतिमान चित्रावरील जलविज्ञान विषयक चाचण्या" ट्रॅ. अ. सो. सि. इंजिनिअर्स, १९२५, पान १.





अनुविक्षेप

आ. २३. डेव्हिस ब्रिज धरणावरील कूप सांडवा.
(इं. न्यूज–रेकॉर्ड, जाने. २४, १९२४, पा. १४८)

केले आहे. लेखकाने शिफारस केलेले काही ठळक फरक समाविष्ट करून त्याचा येथे फक्त गोषवारा देण्यात येईल. मूलभूत तत्वाकरिता पूर्वी केलेले मानक माथ्याच्या (standerd crested) सांडव्याचे वर्णन वाचावे.

सपाट माथ्याच्या सांडव्याचे संकल्पचित्र तयार करण्याचे जरूर ते टप्पे खालील-प्रमाणे आहेत. या संदर्भात आ. २३ मधील डेव्हिसब्रिज सांडव्याची परिस्थिति निर्देशित करणारी आ. २४ पहावी.

(१) सांडवा कार्यवाही होताना लागणारी क्षमता Q आणि अनुज्ञात अत्युच्च-शीर्ष, h, ही दिलेली आहेत. खालील उदाहरणात

$$Q = २७,००० \text{ से. फू.}$$
$$h = ७ \text{ फूट.}$$

(२) दर रेखीव फुटास येणारा प्रस्राव खालील समीकरणाने मिळेल.

$$q = Ch^{3/2}$$

हा सांडवा सपाट माथ्याचा होणार असल्याने C चे सैद्धान्तिक मूल्य ३.०८७ असते. यू. एस. भूगर्भीय सर्वेक्षणातर्फे प्रकाशित केलेल्या जलपुरवठ्या संबंधीच्या निबंधात पान २०० वर सपाट माथ्याच्या सांडव्याच्या अनेक प्रकारात स्वीकृत केलेली व्यावहारिक मूल्यें दिली आहेत. डेव्हिस ब्रिज सांडव्याकरिता C चे २.९ हे मूल्य धरण्यात आले होते. तेथे वरच्या गोलाकार कोपऱ्याची त्रिज्या आणि माथ्यावरील शीर्ष यांचे गुणोत्तर २.५/७ = ०.३६ होते. म्हणून $q = २.९ \times ७^{\frac{3}{2}} = ५३.७$ से. फू.

(३) माथ्याची अवश्य असणारी लांबी–

$$l = \frac{Q}{1q} = \frac{२७,०००}{५३.७} = ५०३ \text{ फूट}$$

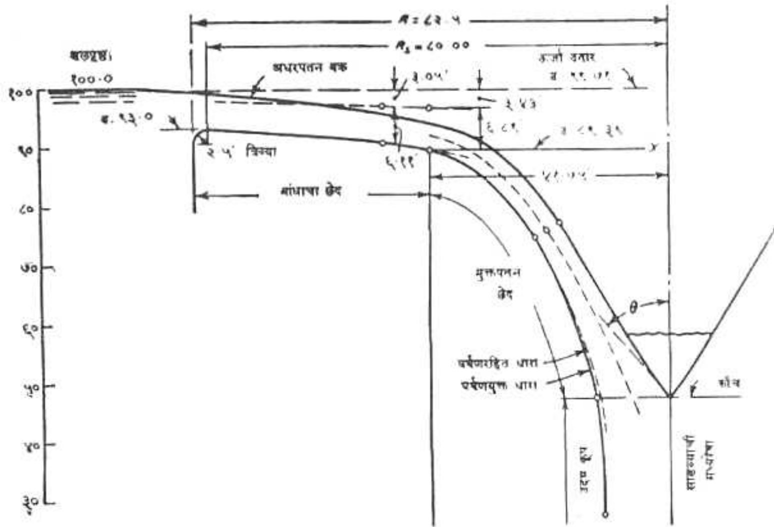
(४) आणि लागणारी त्रिज्या :–

$$R_s = \frac{l}{२\pi} = \frac{५०३}{२\pi} = ८०.० \text{ फूट}$$

डेव्हिस ब्रिज सांडव्याकरिता सांडव्याची बाहेरील त्रिज्या म्हणून ही त्रिज्या धरण्यात आली होती. परंतु लेखकास तिचा उपयोग सांडव्याच्या शीर्षाकरिता

करणे पसंत आहे व हे आ. २४ मध्ये दाखविले आहे. सांडव्याची बाहेरची त्रिज्या

$$R = R_s + r = ८० + २.५ = ८२.५ \text{ फूट}$$



आ. २४. सपाट माथ्याच्या सांडव्याचे उदाहरण.

(५) बांधाच्या अपरप्रवाही (upstream) दिशेकडे, काठा जवळ hf ही शीर्षहानी खालील प्रमाणे आहे–

$$Q = Ch^{3/2} = ३.०८७\ (h - f)^{3/2}$$

$$\text{यावरून}\ \ f = h\left[१ - \left(\frac{C}{३.०८७}\right)^{2/3}\right]$$

$h = ७$ व $C = २.९$ असतांना

$f = ०.२९$ फूट येते.

(६) जलाशयातील पाण्याच्या पृष्ठभागाची पातळी १०० आहे असे धरले आणि सर्व प्रकारच्या हानीकडे दुर्लक्ष केले असता सांडव्यातील ऊर्जा प्रवणतेची उंची (elevation) $१०० - f = १००.०० - ०.२९ = ९९.७१$ इतकी येते. ही पातळी आ. २४ मध्ये आलेखित केली आहे.

(७) येथे आपला सपाट माथ्याच्या बांधामध्ये अंतर्भूत असलेल्या प्रवाहांच्या तत्वाशी संबंध आहे. परंतु, ज्याअर्थी सांडव्याचा परीघ मध्यरेषेकडे एकसारखा कमी होतो आहे आणि ज्याअर्थी तीच तत्वें लागू असणे अवश्य आहे त्या अर्थी विअरचा तळसुद्धा मध्यरेषेकडे झुकला पाहिजे. R_1 ही कुठलीही एक त्रिज्या असतांना तळाची पातळी जर हवी असेल तर ऊर्जा प्रवणातून d इतके अंतर अनुप्रवाही बाजूकडे पुढीलप्रमाणे मोजावे.

$$d = (h - f)\left(\frac{R_s}{R_1}\right)^{3/2}$$

$$\text{जर } R_1 = ५०,\ d = (७ - ०.३)\left(\frac{८०}{५०}\right)^{2/3} = ९.१६$$

आणि बांधाच्या तळाची उंची ९९.७१ – ९.१६ = ९०.५५ या पातळीवर असते. अशा तऱ्हेने बांधाच्या तळाचे आलेखन करता येते.

(८) कुठल्याही जागेवरच्या पाण्याची खोली,

$h_1 = \frac{२d}{३}$ या सूत्रानें प्राप्त, करता येते.

जसे – जर $R_1 = ५०$ आणि $d = ९.१६$ असेल तर h_1 ६.११ असते आणि त्यावरून जलपृष्ठ आलेखित करता येते. माथ्यावरचा अधोवक्र (drop down curve) बांधाच्या वरच्या टोकाबाहेर 2 h इतका लांबला आहे असे धरून स्थूल रेखाचित्र काढता येते. याप्रमाण निश्चित केलेला सांडव्याचा बांध–छेद R_1 च्या कोणत्या तरी मर्यादित मूल्यावरहुकूम पुरा केला पाहिजे आणि अनिर्बंधपणे पडेल अशा फवाऱ्यासारखा पडू दिला पाहिजे. एकाद्या विशिष्ट प्रमेयाकरिता R_1 चे मर्यादितमूल्य निश्चित करणे अवघड असते. पूर्वी खुलासा केल्याप्रमाणे क्रॉच शक्यतितका उंच करावा अशी इच्छा असते आणि याकरिता R_1 चे मूल्य कमी असावे लागते. उलटपक्षी क्रॉचच्या जवळची उभी रेषा आणि फवाऱ्याच्या (बेट) वरचे पृष्ठ यांच्यामधील कोन θ, जास्त असता कामा नये. कारण जेव्हा फवारे एकमेकाजवळ येतात तेव्हा त्याची परिणती अतिशय क्षोभनिर्मितींत होते. जेथे वेगाचा उभा घटक उपेक्षिल्यामुळे परिणामी क्षुल्लक चूक होईल अशा ठिकाणी (बांधाच्या) छेदाचा शेवट

स्थापित केला जातो आणि तेथें अनिर्बंध पतन होणारा विभाग आडवा असतो असे मानण्यास हरकत नसते.

डेव्हिस ब्रिजच्या सांडव्याकरिता R_1 चे मर्यादित मूल्य ४१.७५ फूट धरण्यात आले होते आणि तेच या उदाहरणांत वापरण्यात येईल. ७ व्या बाबीच्या समीकरणावरून बांधाच्या तळाची उंची d ऊर्जा प्रवणाच्या खाली १०.३२ फूट असताना पाण्याची खोली h_1 अधःपतनाची उपेक्षा करून, (याबद्दल नंतर खुलासा करण्यात येईल) ६.८९ आली तर पाण्याचा पृष्ठभाग $d-h_1$ = ३.४३ फूट ऊर्जा प्रवणाच्या खाली येतो आणि हे नंतर वेगशीर्ष बनते.

असे अधःपतन वक्र विचारात न घेतले तर त्या ठिकाणच्या जल तंतूच्या सरासरी ढाळाची स्पर्शरेषा S ही ०.१ असते. म्हणून उदग्र वेग S हा क्षैतिज वेगाच्या ०.१ पट असतो आणि उदग्र वेगशीर्ष अंदाजे $S^2(d-h_1)$= ०.०१×३.४३=०.०३४३ इतके येते. हें उपेक्षिलें तरी प्रमेयांत फारशी चूक येत नाही.

(९) आ. २४ मध्ये दाखविल्याप्रमाणे बंधाऱ्याच्या छेदाचा अंगीकृत तळ x आणि y या निर्देशाकांची सुरवात आहे असे धरून Kurtz[१०] यानें असें सिद्ध केले आहे कीं, खालील सूत्रावरून अनिर्बंधपणे पतन होणाऱ्या झोताची मध्य रेषा प्राप्त करता येते. परंतु ड्यू पाँट आणि कँप आणि हो[११] यानी असे दाखविले आहे की सैद्धान्तिकरीत्या दर्शित केल्यापेक्षा ही झोताची मध्यरेषा काहीशी जास्त खडी असण्याचा संभव असतो. म्हणून हें सूत्र म्हणजे एक केवळ जुळणारा अंदाज असे समजले पाहिजे आणि पुढील शिफारशीप्रमाणे चाचणी घेऊन ते तपासले पाहिजे.

$$y + ०.३६h_1 = \frac{(x + ०.३६h_1)^2}{४.५६h_1}$$

येथे h_1 ही आठव्या बाबीत निश्चित केलेली, बांधाच्या छेदाच्या अंगीकृत टोकाशी असलेली पाण्याची खोली असते. (अधःपतन वक्राची उपेक्षा करून) पूर्वनिश्चित केल्याप्रमाणे, x=२० फूट आणि h_1=६.८९ धरून या सूत्रानें y=१३.५९ मिळतो.

तळटीप १० उध्दृत केलेल्या ग्रंथातील.
११ उध्दृत केलेल्या ग्रंथातील.

(१०) मध्यरेषेच्या कुठल्याही बिंदूपाशी झोताची जाडी कुर्टझनें खालील-प्रमाणे दिली आहे.

$$t = \frac{Q}{२\pi R_1\sqrt{२g(y + १.५h_1)}}$$

झोताच्या मध्यरेषेच्या काटकोनात क्रॉच प्राप्त होईपर्यंत तिच्या प्रत्येक बाजूस ही जाडी अर्धी अर्धी रेखित केली जाते.

$x=२०$, $R_1=४१.७५ - २०=२१.७५$

$y=१३.५९$, $h_1=६.८९$ असतात तेव्हां वरील सूत्रावरून $t=५.०४$ प्राप्त होतो. साधारण डोळयांनी अध:पतन वक्र अदमासाने जुळविले जाते.

(११) आतापर्यंत आपण घर्षणाचे परिणाम विचारात घेतले नव्हते. याला फक्त अपवाद बाब ५ मधील प्रवेश स्थानाजवळील f ही हानी होती. जलविषयक वैशिष्ठ्यांचे विश्लेषण केले असता दिसून येईल कीं, या बांधाच्या छेदाचे बाबतीत घर्षणहानी अदमासे ०.०२ होती. आणि अनिर्बंध पतन-छेदाकरिता (free–falling section) या उदाहरणात ती १.०४ फूट होती. म्हणजे एकूण १.०६ फूट होती. प्रमेयात जी अचूकता लागते तिच्या सीमेच्या बरीच आत ही (हानी) असल्याने झोताचा आकार निश्चित करतांना ती विचारांत न घेतली तरी चालते. सांडव्याच्या उरलेल्या भागाकरिता मात्र ही हानी आणि नंतरची घर्षणहानी विचारात घेण्यात यावी.

(१२) क्रॉच्च्या खालील कोणत्याही बिंदूपाशी खड्या कूपाचा आकार खालील प्रमाणे निश्चित करण्यात येतो.

अनिर्बंधित पतन होणाऱ्या परवलयिक (parabolic) मध्यरेषेच्या शीर्षापाशी उदग्र वेग शून्य असतो आणि यासंबंधीचे सूत्र बाब ९ मध्ये दिले आहे. या सूत्रावरून असे दिसून येते की जेथे $y=-०.३६h_1$ असतो, तेथे हे शीर्ष असते. म्हणून एकूण उदग्र वेगशीर्ष $y+०.३६h_1$ असते. मूळ उदग्र शीर्ष

$$h_v=y + ०.३६h_1 - f_1 - f_2$$

असते. येथे f_1 व f_2 म्हणजे अनुक्रमे क्रॉचपासून माथ्यापर्यंतच्या आणि क्रॉचपासून प्रश्नाधित बिंदूपर्यंतच्या घर्षणहानी आहेत.

म्हणून क्रॉचच्या खालची उभ्या कूपाची लागणारी त्रिज्या खालीलप्रमाणे निश्चित केली जाते.

वेग $v=\sqrt{२g(y+०.३६h_1-f_1-f_2)}$. छेदाचे क्षेत्रफळ $A=\pi R_1^2$, तसेच $Q=A_v$ यावरून

$$R_1=\sqrt{\frac{Q}{\pi\sqrt{२g(y+०.३६h_1-f_1-f_2)}}}$$

क्रॉचच्या मोजलेल्या $y_1 =$ ४२.०० या पातळी करता, आणि पूर्वी निर्देशित केल्याप्रमाणे $f_1 =$ १.०६ आणि $f_2 =$ ० ठेवून आपल्याला असे आढळून येईल की R_1=१२७६ आहे.

अनिर्बंधित पतन होत असलेल्या टिंबांकित आणि रेषांकित झोताच्या परिगणित मापापेक्षा ही त्रिज्या थोडीशी मोठी असल्याचे दिसून येते. कारण दुसऱ्या बाबतीत घर्षण विचारांत घेतलेले नव्हते. म्हणून आकृतीत भरीव रेषेने दाखविल्याप्रमाणे अनिर्बंध पडणाऱ्या झोताची अंडरनॅप् डोळ्यांनी समायोजित करण्यात येते.

क्रॉचच्या जवळ उदग्र वेगशीर्षाचा काही भाग नाहीसा होतो असे कधीकधी मानले जाते. हे लक्षात ठेवावे. कुर्टझने ०.३६h_1 = ०.३६×०.८९ = २.४८ फूट (शीर्ष) नाहीसे झाले असे मनमानी गृहीत धरले आहे. लेखकाला मात्र उदग्र वेगशीर्षाची (वर उल्लेखिलेल्या केवळ त्वचाघर्षणाखेरीज इतर) कोणतीही हानी धरण्याची जरूरी वाटत नाही. कुर्टझने धरलेली २.४८ फूट हानी वजा केल्यावर वरील परिगणित १२.७६ फूट त्रिज्येऐवजी १२.९२ फूट त्रिज्या प्राप्त होते.

y=६२.० करता पूर्वी निर्देशिल्याप्रमाणे f_1=१.०६ फूट आणि प्रयोग व प्रमाद पद्धतीने निश्चित केलेली f_2=०.५६ फूट धरून R_1=११.६२ आहे असे दिसून येते.

"प्रस्त्रावनलिका" या (आ) विभागात केलेल्या सविस्तर खुलाशाप्रमाणे नलिकेचा योग्य आकार प्राप्त होईपर्यंत याप्रमाणे खड्या कूपाचा आकार कमी होऊ शकतो.

(ई) कूपसांडव्याची प्रस्त्राव क्षमता—

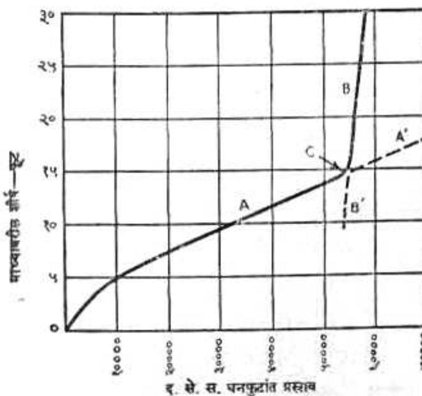
प्रतिमान चित्रांच्या सहाय्याने घेतलेल्या चाचणीवरून निश्चित केलेला किस्ले, नेब; धरणाच्या कूप सांडव्याचे कवलन वक्र, आ. २५ मध्ये दाखविले आहे. कूपातील पश्चजलाचा अडथळा न आलेला असा AA', हा वक्र, सांडव्याच्या माथ्याचा

कवलन वक्र आहे. मानक माथ्याच्या कुठल्याही साध्या सांडव्याच्या धरणाच्या वक्राहून हा वक्र कोणत्याही प्रकारे भिन्न नाही.

वक्र BB' हा कूप आणि क्षैतिज नलिका यांचा कवकन–वक्र आहे. सांडव्याच्या माथ्यावरील शीर्षाच्या प्रमाणे कूप आणि क्षैतिज नलिकेवरील शीर्ष असल्याने जलाशयाच्या पृष्ठाच्या पातळीतील फरकामुळे क्षमतेमध्ये सापेक्षतेने फारच कमी फरक पडतो.

सुमारे ५४००० घ. फू. पर्यंत माथ्याचा कवलन वक्र लागू पडतो आणि अंदाजे दर से. ५४००० फुटापेक्षावर कूप कवलन वक्र लागू होतो. C या बिंदूने दर्शविलेल्या गृहीत प्रस्त्रावापेक्षा जास्त प्रस्रावात या प्रकारच्या सांडव्यामध्ये राखीव क्षमता नसते अशी तक्रार करण्यात आली आहे. उदा. माथ्यावर जास्तीत जास्त शीर्ष १५ फूट असते असे धरून धरणाच्या मुक्त बांधाची तरतूद जर केलेली असेल तर या मुक्त बांधाची उंची जरी ३ फुटांनी कमी केली तरी ५४००० वरून ५५२०० इतकी म्हणजे २ टक्के प्रस्रावांत वाढ होते. या उलट मानक माथ्याच्या साध्या सांडव्याची जर तरतूद केली तर या मुक्त बांधावरील ३ फूट अतिक्रमणामुळे ५४००० फुटावरून दर से. स. ६८००० घ. फू. पर्यंत २६ टक्के प्रमाणात प्रस्रावाची वाढ झाली असती.

परंतु हा दर्शनी दोष संकुचित प्रस्राव नालीमुळे निर्माण झालेला असतो आणि सांडव्याच्या प्रकाराशी त्याचा संबंध नसतो. कारण पार्श्वपात्री आणि इतर प्रकारच्या सांडव्यांना सुद्धा त्याच अवस्था लागू असतात. सामान्य परिवाही खुल्या सांडव्यांच्या धरणांत सुद्धा कधी कधी पुच्छ जलाखाली माथा बुडला जातो आणि त्यामुळे अगदी तशीच प्रस्त्राव क्षमता निर्बन्धित होते. यावरून असे दिसून येते की निर्गमद्वाराच्या नालीचा आकार जर वाढविला तर हा क्षमतेतील अडथळा नाहीसा होतो. म्हणजेच जरा जास्त शीर्षाकरता आणि तदनुरूप जास्त क्षमता असलेला सांडवा आयोजित करावा.



आ. २५ किन्स्ले धरणाचा कवलन वक्र–(जी. ई. बार्न्स, केस स्कूल ऑफ अप्लाईड सायन्स)

(उ) माथ्यावरील स्तंभांचा परिणाम—

दरवाजे अगर चढाव पट्ट्या (Flash boards) ना आधार देण्यासाठी गोलाकार स्तंभांचा कूप सांडव्यामध्ये वारंवार उपयोग केला जातो आणि सोबतच्या आकृतीत ते दाखविले आहेत. सांडव्याच्या नाळक्यात सपिल प्रवाह निर्माण होऊ नये म्हणून ही स्तंभाची तरतूद करावी लागते. जेथे अशा तऱ्हेचे स्तंभ बांधलेले असतात तेथे त्यांचे माथ्यावरील प्रस्राव–क्षमतेशी असलेले संबंध प्र. ११ अ. ३ वरून प्राप्त करता येतात.

सांडव्याच्या संकल्पचित्रावर अशा स्तंभाचा काय परिणाम होतो त्याचे मूल्य-मापन करणे अवघड असते. म्हणून अंतिम संकल्पचित्र तयार करण्याकरिता प्रति-रूपावरून परीक्षण करण्याची जरूरी असते. पूर्वी उल्लेखिलेल्या पद्धतींचा अवलंब करणे प्रारंभिक संकल्पचित्र तयार करण्यासाठी पुरेसे असते. पण Q' या प्रस्रावाकरिता आयोजन खालील सूत्राने करावे.

$$Q' = Q\frac{l + nt}{l}$$

जेथे Q = पाहिजे असलेला प्रस्राव.

l = स्तंभ सोडून लागणारी माथ्याची लांबी

n = स्तंभांची संख्या

t = स्तंभांची जाडी अधिक आकुंचन.

(ऊ) प्रतिमान चाचणी—

प्रतिमान चित्रांच्या साहाय्याने चाचणी केल्याशिवाय संकल्पन करता येण्याइतका कूपाच्या सध्याच्या संकल्पन पद्धतीत शक्य असलेला बिनचुकपणा पुरेसा नसतो. योजलेल्या शीर्षाकरिताच नव्हे तर त्यापेक्षा कमी शीर्षाचे वेळी जो ऋण दाब निर्माण होतो त्याचे स्थान आणि राशी निश्चित करण्याकरिता सुद्धा त्याची (चाचणी) करणे जरूर असते.

असे सुचवावेसे वाटते की मानक माथ्याच्या सांडव्याकरिता जरूर तर स्तंभांची तरतूद करून गोलाकार, धारदार माथ्याच्या बंधाऱ्यावर प्रारंभिक चाचणी घेण्यात यावी (ड्यू पॉन्ट, पूर्वी उध्दृत केले). झोताचा आकार निश्चित झाल्यावर प्रतिमान चित्र पुरे करावे आणि अंतिम परीक्षण करण्यात यावे.

सपाट शीर्षाच्या सांडव्या करता, बांधाच्या विभागाचीच फक्त रचना करून (आ. १७) आणि अंडरनॅपच्या आकाराचे मापन करून प्रारंभिक चाचण्या करण्यात याव्या.

४ आपाती उत्प्लवमार्ग (सांडवा)

आणिबाणीकरिता तरतूद केलेला सांडवा इतक्या कमी वेळी वापरण्याची वेळ येते कीं त्याचे सांडवानियंत्रक व बांधकाम, पाया, अगर प्रस्तावनाली यांचे गंभीर नुकसानापासून संरक्षण करण्याची जरूरी नसते असे सर्व स्थापत्य विशारदांचे मत आहे. परंतु, अशा प्रकारच्या सांडव्यांच्या अधिक व्याख्येसंबंधी विचारांतील फरकांचे दोन दृष्टीकोन दिसून येतात.

या दोन दृष्टिकोनांची चर्चा करण्यापूर्वी असे गृहीत धरण्यांत यावे कीं प्र. ५ अ. ५० इ मध्ये निर्धारित केल्याप्रमाणे उत्प्लवी संकल्पित पूर, निःसारण क्षेत्राचा सखोल अभ्यास करून निश्चित केल्याप्रमाणे, धरणाच्या बांधकामाचे नुकसान न होता, सांडव्यावरून वाहून जातो. संकल्प चित्रकार कोणत्या प्रकारची काळजी घेणार आहेत हे माहित नसलेल्या अशा कार्यक्षम जलविज्ञानशास्त्रज्ञाकडून त्याचा अभ्यास करण्यात आला आहे. असे मानून आपण आपाती सांडव्याचे बाबतीत विचार करतांना अशा पुराच्या संभाव्य वारंवारतेची थोडीतरी किमान समज ठेवली पाहिजे. आपणाकडे यासंबंधी अगदी बरोबर अंदाज करण्याचे कोणतेही साधन नसले तरी हे मान्य करण्यात येतेकी अशा पुरांची, फार काय त्याच्या ६० अगर ८० टक्के पुराच्या संभाव्य वारंवारतेचे शेकडोच काय पण हजारो वर्षात मापन करण्यात आलेले नाही.

म्हणजेच जर अशी दुर्घटना आपणाला रोखता आली तर अशातऱ्हेचे ६० ते ८० टक्के पूर येण्याची संभाव्यता, काटकसरीकरिता विचार करण्याच्या दृष्टीने फार दूरची असते.

पहिल्या दृष्टिकोनाप्रमाणे आणीबाणीचा सांडवा उत्प्लवी संकल्पित पुरापेक्षा जास्त पूर आला असतांना साहाय्यकारी सांडवा म्हणून कामाला येतो आणि त्या विचारसरणीनुसार हा एक जादा सुरक्षाघटक असतो.

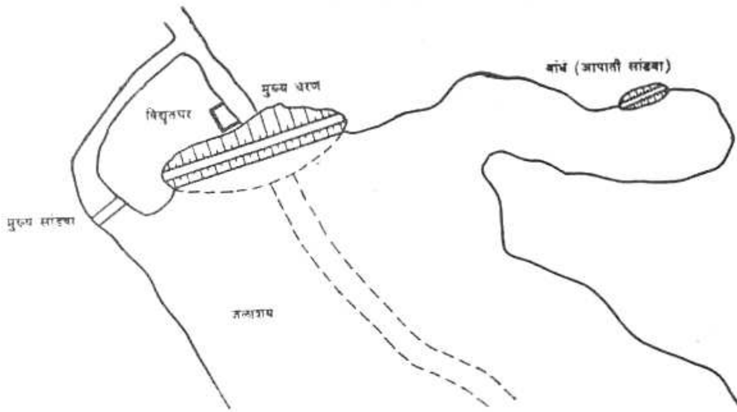
दुसऱ्या दृष्टिकोनाप्रमाणे जरी उत्प्लवी संकल्पित पुराच्या ६० ते ८० टक्के पूर आला तरी या आणीबाणीच्या सांडव्यांचा साहाय्यक सांडवा म्हणून उपयोग केला जातो.

जर पहिल्या दृष्टिकोनाप्रमाणे उत्प्लवी संकल्पित पुराचा अंदाज अपुरा आहे आणि दुसऱ्या दृष्टिकोनाप्रमाणे तो संपूर्णपणे पुरेसा आहे असे गृहीत धरले तर हे दोन्ही दृष्टिकोन एकमेकांशी जुळतील. मग या दोन्ही बाबतीत, कायम स्वरूपाचा सांडवा, योग्य पुराच्या काही टक्केच पूर सामावू शकेल आणि बाकीच्या पुराचे नियंत्रण आणीबाणीच्या सांडव्यावरून करावे लागेल. म्हणजे कायमचा सांडवा फक्त ६० ते ८० टक्के पूर नियंत्रणासाठी बांधला जाईल आणि आणीबाणीच्या सांडव्याची, त्याला बरीच हानी झाली तरी धरण सुरक्षित राहील असे धरून उरलेल्या पुराकरिता तरतूद करावी लागेल.

आणीबाणीच्या सांडव्याच्या कार्यामुळे जी नुकसानी होते ती, नियंत्रण यंत्रणेच्या संपूर्ण नाशापासून ते सांडव्याचे बांधकाम आणि त्याचा पाया पूर्णपणे वाहून जाईल, इतकेच काय पण संपूर्ण जलाशय रिता होईल, इतकी, असू शकते. पण यावेळी प्रस्रावाचा वेग इतका कमी असतो की धरण फुटल्याने त्याच्या अनुप्रवाही पुरापेक्षा हा पूरअगदीच किरकोळ असतो.

मिसिसिपी नदीतील आणिबाणीकरता खोदलेल्या नालींची या आणिबाणीच्या सांडव्याशी तुलना करता येईल. तेथे प्राकृतिक बांधाचा काही भाग मुद्दाम गिड्डा ठेवण्यात आला आहे. असा बांध तीव्र पण कमी नुकसान होईल अशा रीतीने व अशा ठिकाणी तोडण्यांत येतो. अशातऱ्हेने मोठ्या शहराच्या संरक्षणासाठी जी बांधाची रचना केलेली असते तेथील कांही बांध फुटण्याचे टाळण्यात येते.

जलाशयाच्या काठावरीलएकाद्या उथळ जलविभागाच्या जागी हा आणिबाणीचा सांडवा अगदी सुलभपणे बांधता येतो. तेथील जलविभागाची पातळी जास्त सखल असल्याने एकादी भिंत त्या ठिकाणी बांधावी लागते. अशा भिंतीची पातळी मुख्य धरणांतील पाणी वाहून जाण्याच्या आधी या भिंतीवरून ते पाणी वाहील अशी ठेवण्यात येते.



आ. २६

आ. २६ मध्ये अशा एका नमुनेदार सांडव्याचे आरेखन केले आहे. धरण सुरक्षित राहील अशी पाण्याच्या कमाल पातळी इतकी या लहान भिंतीची पातळी ठेवलेली आहे. सखल अशा जलविभागांतील स्थान या भिंतीसाठी निश्चित केलेले आहे. धरणाचा माथा साहजीकच लाटांना सामावून घेईल इतका उंच आहे आणि पाण्याच्या पृष्ठभागांची उंची जर जास्त वाढली तर आधी भिंत वाहून जाईल.

जेथे जमिनींत वरवर खडक असेल व जेथे त्यांत झुकाव (dip) अगर पृष्ठावर अभिनति (surface syncline) असेल अशी आणिबाणीच्या सांडव्यासाठी आदर्श जागा असावी म्हणजे जरी ती भिंत आणि मातीचे आवरण धूपून गेले तरी खडकाच्या पृष्ठभागापुरतीच ती धूप मर्यादित राहील आणि त्यावेळी सुरू होणारा प्रस्त्राव धरणाच्या बचाव करण्यास पुरेसा असेल.

अशा वेळी आणिबाणीच्या सांडव्यावरील प्रवाहामुळे नदीपर्यंत खोदलेली प्रस्त्रावनाली धुपून जाण्याची शक्यता असते, विद्युत् पुच्छनाली (गाळाने) भरून जाते, आणि कधिकधी इतरही नुकसानी होण्याची शक्यता असते.

असे असले तरी, जेथे तळांत खडक नसतो व भिंत पडल्यामुळे जलाशय रिता होण्याइतकी पायांतून धूप होते अशा ठिकाणीही अशा प्रकारचे आणिबाणीचे सांडवे बांधण्यात येतात पण तेथील द्रव्य धूपून जाण्याची क्रिया तुलनेने सावकाश

होते आणि ज्यावर अशी भिंत बांधलेली असते तो जलविभाजक बराच रुंद असतो. यामुळे होणारे क्षरण सावकाश होते आणि खालच्या प्रदेशास धोका पोचत नाही.

आ. २६ मध्ये दाखविलेल्या आपाती सांडव्याच्या भिंतीचे लाटांच्या आघाता-पासून योग्यप्रकारे संरक्षण केलेले आहे. जेथे हे शक्य नसते तेथे "तरंग रोध' (Breat waters) बांधून संरक्षण दिले पाहिजे आणि पाण्याच्या पृष्ठभागाच्या ज्या उंचीवर ते पडेल ते उंची बारकाईने ठरविली पाहिजे.

भिंत बांधण्यास सखल जागा जलविभागांत आढळली नाही व जर तेथे नाली खोदणें खर्चाचे होणार नसेल तर अशी नाली खोदून त्यात हा आपाती सांडवा बांधता येतो. अशा वेळी पाण्याच्या उच्च पातळी खाली पुरेशी खोल व जरूर ती क्षमता असलेली एक नाली खोदण्यात यावी. पूर्वी वर्णन केल्याप्रमाणे योग्य उंचीची भिंत बांधून तिचे तोंड बंद करण्यात यावे. जेथील द्रव्य अतिक्षरणक्षम असते अशा जागी एकादा मार्गदर्शी (pilot) चर खोदणे शक्य असते आणि पूर येताच शेष भाग खोदला जातो. मात्र अशा ठिकाणी दोन्ही बाजूंच्या उतारावर घसरण होणार नाही अशी काळजी घेतली पाहिजे. कारण (जर असे घसरण झाले तर) पाण्याच्या प्रवाहाला अडथळा येईल व सांडवा निरुपयोगी होईल.

सामान्यतः आणिबाणीच्या सांडव्याचे कार्य आणि होणारे नुकसानीचे मान यांचा परस्पर संबंध जोडण्यांत येतो. असे नुकसान क्वचितच होते पण ते झालेच तर फार मोठ्या प्रमाणांत होऊ शकते. परंतु असे नुकसान तौलनिक दृष्ट्या टाळण्या-करता, ज्या सांडव्यांत बरेच दरवाजे ठेविलेले असतात त्यांत फरक करून त्यांतील कांहींच्या जागी भिंती बांधण्यांत येतात; अशा भिंतीचा माथा धरणाच्या माथ्याच्या खाली ठेविलेला असतो.

या भिंतींचा दुहेरी उपयोग होतो. पहिला म्हणजे जर निर्गमद्वारे उघडण्यांत निष्काळजीपणा झाला तर पुराला वाट मिळते; दुसरा उपयोग, दरवाज्यांच्या पेक्षा या भिंतीना कमी खर्च येतो आणि काटकसरीच्या दृष्टीने त्या उपयोगांत आणण्याची आणि त्यांच्या पुनरुभारणीची आवश्यकता नजिकच्या काळात भासत नाही.

ज्या ठिकाणी अशा अनेक भिंती बांधण्यांत येतात त्या एकाच वेळी पडू नयेत म्हणून त्यांची ऊंची निरनिराळी ठेवलेली असते. त्यांतील तत्व हे की एक किंवा

दोन भिंती पडल्यातरी त्यामुळे पुर जाण्यास पुरेशी वाट तयार होते. अर्थातच पूर्वी दिलेल्या कारणामुळे लाटांचा त्यावर आघात होऊ नये अशी तरतूद केलीच पाहिजे.

आणखी एक पर्याय असा की, दरवाजांच्या जागी "स्टॉपलॉग्ज" अगर "चढाव-पट्ट्या" बसविणे. अशा ठिकाणी दरवाजांचे आधार काढता येतात. (पहा प्र. २४, आ. ४). सांडव्याच्या आगिवाणीच्या भागाच्या खालच्या बाजूच्या नालीत सुधारणा न करताही ह्या आणि प्रथमतः उल्लेख केलेल्या पर्यायांचा उपयोग करण्यात येतो. पण त्यामुळे असा सांडवा जर वाहू लागला तर बरेच क्षरण होण्याची शक्यता असते.

— सूचि —

A

B

C

५७	Colloidal	कलील
	Complex	संमिश्र
	Component Element	अंगभूत घटक
७०	Cut oll	काटबांध, काटमार्ग

D

१२७	Deented	दंतुर, दातेदार
	Derivation	व्युत्पत्ति
	Derivative	अभिकल्पना
	Design	संकल्पचित्र
४६-४७	Dimond drilling	हीरा वेधन
	Direct (Current)	एक दिक (विद्युत्) प्रवाह
२०	Discharge (ele.) (water)	(विद्युत्) मोचन, (जल) प्रस्राव
२५	Distortion	विकृती
२७	Drive Sample	चल नमुना

E

२०	Electric resistivity prospecting	विद्युत्प्रतिरोधकता पूर्वेक्षण
	Neutral	तटस्थ समतोल
१५	Exploration	समन्वेषण
३९	Explosion wave method	विस्फोटन तरंगपद्धति

F

५५	Feeler	स्पर्शक
१०८	Filter	निस्यंदक
३२३	Flood Routing	पूरमार्ग निर्धारण
८५	Flow net	प्रवाह जाल
३२३	Free Bornd	मुक्तबांध

G

९	Ground control	भूनियंत्रण, स्थल नियंत्रण
२६०	Ground water	भूजल
७१	Gront	गारा
७१	Gront Ingection	गारा सूचिका भरण

H

१३०	Hydraulic	द्रवगति, द्रव चलित
	Hydraulics	द्रवगति शास्त्र
११४ ११६	Hydraulic jump	जलोच्छाल
१३८ १३९	Hydraulics	द्रवगति शास्त्र
१३८	Hydraulic model test	द्रवचलित प्रतिरुप चांचणी
८१	Hydrostatic	जलस्थैतिक
२५१ ३१६	Hyetograph	समवृष्टी लेखाचित्र

I

२५४	Inertia	जडता
२९०	Infiltration inflow	अत:सरण, अंतर्वाह
१,२	Investigation	अन्वेषण
२४६	Isohyte	समवृष्टि रेखा

J

१३१	Jet deflector	धारा विक्षेपक

L

१४१-१४२	Laminer	स्तरीय
	Line drilling	रेखा वेधन
८८	Line of creep	सर्पण रेखा, विसर्पण पथ

M

	Mechanics	यांत्रिकी, बलविज्ञान
११२,१३८	Model	प्रतिकृति, प्रतिमान चित्र
९	Muttiplex	वहुधारा,मल्टिप्लेक्स

N

१४०, १४१	Number–Froud	फ्राऊड संख्यांक

O

	Overburden	अधिभार

P

८३	Pile	स्थूणा
९२	Piping	नीर क्रिया
२४७	Precipitation	अवक्षेपण
	Prototype	आदिरुप

Q

	Quality control	गुणवत्ता नियंत्रण

R

२५९	Recession curve	अप्रबलता वक्र, पुच्छगति वक्र
२४	Rotary drilling	परिभ्रामी वेधन
२४८, २५३ ३३९	Run off	अपवाह

S

T

U

V

२३६	Variation coefficient	विचरण गुणांक

W

२३	Wash drilling	धारावेधन
२५	Well point	नलकुप